

修士学位論文

ASTRO-H 搭載 軟 X 線望遠鏡の金 L 吸収端付近の反射 率特性と原子散乱因子の導出

指導教員 大橋 隆哉 教授

首都大学東京大学院
理工学研究科 物理学 専攻
学修番号 14879313
氏名 菊地 直道

平成 28 年 2 月 17 日

概要

2016年2月に打ち上げ予定である次期X線天文衛星ASTRO-Hには、4台のX線望遠鏡が搭載され、その内の2台が0.3-10 keVのX線の集光、結像を担う軟X線望遠鏡(SXT: Soft X-ray Telescope)である。X線の波長帯では、物質の屈折率は1よりわずかに小さく、さらに物質との相互作用があるため、可視光などの波長で用いられる光学素子では効率よく集光させることができない。そのため、X線望遠鏡はおよそ1°以下の極端な斜入射でのX線の全反射を利用したWolter I型斜入射光学系を採用している。回転放物面と回転双極面の2回反射を利用し、焦点面にX線を結像させることのできる光学系である。またSXTは、薄いAl基板に金を成膜した反射鏡を、同心円状に多重に積層した多重薄板型を採用した望遠鏡でもある。我々は今までこの2台のSXTの集光力、結像性能などの特性を把握するための地上較正試験を行い、現在、応答関数を構築する段階に至っている。

応答関数は、望遠鏡などの集光力や結像性能などの特性を記述した関数である。我々の手元に届けられる観測データには、必ず観測機器の応答が畳み込まれてしまっており、解析の際にはこの応答関数を仮定しなければ、天体の真の情報を得ることはできない。このため、観測機器の開発では必ず較正試験を行い、その結果を基に応答関数を構築するプロセスを踏む。SXTの場合は、実測を再現できるように調整した望遠鏡を記述するファイルや、望遠鏡の素材の物理パラメータを読み込み、シミュレーションを行うことで応答関数を得る。

SXTの内1台は、 $\Delta E < 7$ eVという分光能力を誇るX線カロリメータ(SXS: Soft X-ray Spectrometer)と組み合わせられるため、観測データを有効活用するには高精細な応答関数が必要される。このSXSの観測エネルギー帯には、望遠鏡の反射鏡に成膜されている金の吸収端が存在し、観測されたスペクトルには必ずこの複雑な吸収構造が現れる。今まで、応答関数を求める際に用いる吸収端構造の情報を持つ原子散乱因子は、Henke 1993などのデータを参照してきたが、これらの文献のエネルギーピッチではSXSの分光能力に対応できない。また、これらのデータはバルク状態のものであり、反射鏡の薄膜状態の金とは一般に異なる場合がある。そのため、正確な応答関数構築のためには、SXT用の反射鏡の反射率測定を行い、そこで得られた結果を基に、独自に導出した原子散乱因子を用いなければならない。

これらの必要性から、本研究では金のL吸収端付近(11-15 keV)の詳細な原子散乱因子の取得を目的として、SPring-8 BL01B1にSXT用サンプルミラーを持ち込み、詳細な反射率測定を行った。金のL吸収端の付近は、ASTRO-Hの軟X線検出器と硬X線検出器の検出域がオーバーラップし、軌道上の機器の較正において重要な領域であるため、吸収端の構造を把握することが必須である。このBL01B1では高輝度で、2結晶分光器で単色化($\Delta E/E \sim 6 \times 10^{-5}$)されたX線を照射することができ、反射率の吸収構造を測定することが可能である。反射率測定では、金のL吸収端付近を0.3-0.7 eVピッチと細かくX線エネルギーを変え、入射角も変えることで0.2-0.8°の反射率データを得た。反射率測定の結果(図1)、今まで参照してきた原子散乱因子のデータにはないXAFS構造が見られ、また吸収端の深さがHenke 1993と比べ~60%ほど小さいことが分かった。

この反射率測定の結果を基に、原子散乱因子の導出を行った。各エネルギーごとの反射率は複素屈折率から計算できる。この複素屈折率 $n = 1 - \delta - i\beta$ のうち実部の光学定数 δ が f_1 、虚部の光学定数 β が f_2 に比例する。そのため、エネルギーごとに反射率データを抽出し、反射

率モデルのフィッティングすることによって原子散乱因子を導出した。この結果 (図 2)、原子散乱因子の連続部分は Henke 1993 に近い結果が得られたものの、反射率測定の結果と同様に、 f_1 、 f_2 にも XAFS の波状構造が現れた。 f_1 を比較すると、吸収端の深さが反射率測定と同様に、Henke 1993 と比べて小さいことも確認できた。得られた原子散乱因子から有効面積を計算すると、吸収端で Henke 1993 と比べ最大 ~ 1.5 倍大きいことが分かり、本研究で得られた結果は、吸収端付近の構造が参考文献と大きく異っていると言える。今後は本研究で得られた原子散乱因子を採用し、より精度の高い応答関数の構築を目指していく。

本論文では SPring-8 BL01B1 で行った SXT 用反射鏡の詳細な反射率測定と、原子散乱因子の導出の結果について述べる。

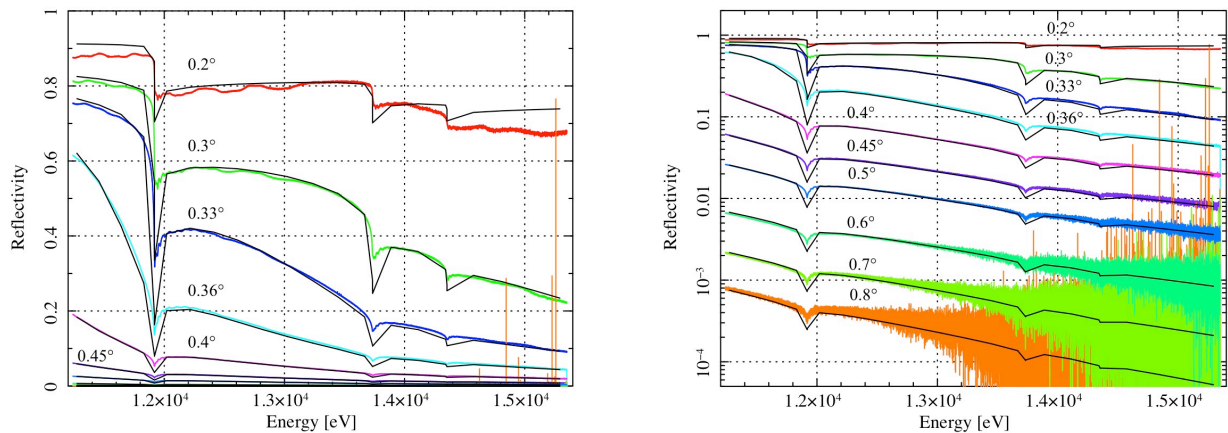


図 1: BL01B1 の反射率測定結果。左図：Linear 表示、右図：Log 表示。黒線は Henke 1993 から計算された反射率。

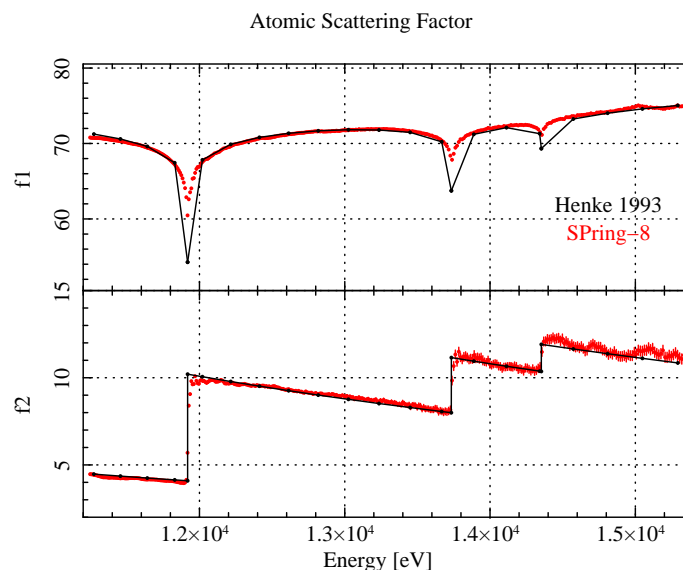


図 2: 反射率測定から得られる原子散乱因子 f_1 、 f_2 。赤：SPring-8(本研究)、黒：Henke 1993。

目 次

第 1 章	序論	4
1.1	X 線観測と観測機器の応答	4
1.2	ASTRO-H	6
1.2.1	ASTRO-H 搭載する主な機器	6
第 2 章	X 線光学	10
2.1	反射の原理	10
2.1.1	トムソン散乱	10
2.1.2	原子散乱因子	11
2.1.3	光学定数	12
2.2	X 線の全反射	14
2.3	反射表面粗さによる反射率と散乱	16
2.3.1	運動学的回折理論	16
2.3.2	Debye-Waller 因子	18
2.3.3	Nevot-Croce 因子	19
2.4	薄膜の反射	19
2.5	X 線吸収微細構造 (XAFS)	22
第 3 章	X 線望遠鏡	24
3.1	用いられる結像光学系	24
3.2	X 線望遠鏡の種類	24
3.2.1	多重薄板型	25
3.2.2	直接研磨型	25
3.3	X 線望遠鏡の性能と光学特性	27
3.3.1	結像性能	27
3.3.2	集光力 (有効面積)	28
3.4	ASTRO-H 搭載軟 X 線望遠鏡 (SXT)	30
3.4.1	SXT の概要	30
3.4.2	地上較正試験とその結果	31
3.4.3	応答関数	31
第 4 章	測定システム：SPring-8 BL01B1	34
4.1	SPring-8	34
4.2	BL01B1	35
4.2.1	ビームライン概要	35

4.2.2	輸送系光学素子	35
4.2.3	-2 ステージ	38
4.2.4	検出器	39
第 5 章	SPring8 BL01B1 における Au L 吸収端付近の測定	41
5.1	測定目的	41
5.2	測定項目	41
5.3	Cu K 吸収端を用いたエネルギー較正	42
5.3.1	測定システム	42
5.3.2	測定、エネルギー較正方法	44
5.3.3	エネルギー較正結果 (測定 1) – pre-edge を使った較正 –	45
5.3.4	エネルギー較正結果 (測定 2) – より詳細な較正 –	45
5.4	反射率測定準備	47
5.4.1	サンプル	47
5.4.2	測定システム	47
5.4.3	サンプルアライメント	48
5.4.4	DCM 第一結晶の角度の最適化	52
5.5	反射率測定 (角度スキャン)	53
5.5.1	測定方法	53
5.5.2	測定結果	54
5.6	反射率測定 (エネルギースキャン)	59
5.6.1	測定方法	59
5.6.2	測定結果	60
第 6 章	原子散乱因子の導出	66
6.1	解析方針	66
6.1.1	各パラメータの反射率への寄与	66
6.1.2	解析方法	66
6.2	誤差評価	70
6.2.1	エネルギースキャンのダイレクト測定の系統誤差	70
6.2.2	反射率のランダムさを用いた誤差評価	71
6.2.3	0.3 °エネルギースキャンの反射率のうねりの系統誤差	83
6.2.4	誤差評価結果 (角度スキャン)	84
6.2.5	誤差評価結果 (エネルギースキャン)	84
6.3	入射角度 offset を考慮した解析	88
6.3.1	角度スキャンの解析	88
6.4	ビームの発散を考慮した解析	91
6.4.1	ビーム発散角の寄与と反射率モデルの修正	91
6.4.2	角度スキャンの解析	93
6.4.3	角度スキャンの解析 (11.2 keV、15.4 keV の再解析)	97
6.4.4	エネルギースキャンの解析	100
6.5	エネルギースキャン 0.2 °の反射率データの補正	103

6.5.1	0.2 °のエネルギー स्क্যানと角度スキンの比	103
6.5.2	0.2 °のエネルギー スキャンの誤差評価	106
6.5.3	エネルギー スキャンの解析	107
第 7 章	考察	110
7.1	分散関係を用いた原子散乱因子 f_1 、 f_2 の検証	110
7.1.1	計算に用いる f_2	110
7.1.2	分散関係を用いて、 f_2 から f_1 を計算	112
7.2	有効面積の計算と比較	113
第 8 章	まとめと今後	115
8.1	まとめ	115
8.2	今後の展望	116
8.2.1	軌道上での較正	116
8.2.2	他の反射表面物質の吸収端の測定	116
付 録 A	本研究で得られた原子散乱因子 f_1、f_2	122

目 次

1	BL01B1 の反射率測定結果。左図：Linear 表示、右図：Log 表示。黒線は Henke 1993 から計算された反射率。	2
2	反射率測定から得られる原子散乱因子 f_1 、 f_2 。赤：SPring-8(本研究)、黒：Henke 1993。	2
1.1	左図：BBXRT(Broad Band X-ray Telescope) の Crab Nebula のスペクトル。右上図：Si 吸収率 (実測と理論値)、右下図：Au-M 吸収端付近の反射率 (実測と理論値)	5
1.2	ASTRO-H	6
1.3	ASTRO-H と搭載される観測機器	8
1.4	ASTRO-H と他の X 線天文衛星の有効面積の比較。有効面積は検出感度を表している。ASTRO-H が他の衛星と比べ、広いエネルギーバンドでの観測ができることが分かる。	9
2.1	電子によるトムソン散乱の散乱角依存性。	11
2.2	金の複素原子散乱因子と光学定数。(図左は金の複素原子散乱因子 f_1, f_2 、図右は金の密度を $19.32 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ としたときの光学定数 δ, β である。両図とも横軸にエネルギーをとる。)	13
2.3	プラチナの複素原子散乱因子と光学定数。(図左はプラチナの複素原子散乱因子 f_1, f_2 、図右は金の密度を $21.45 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ としたときの光学定数 δ, β である。両図とも横軸にエネルギーをとる。)	14
2.4	単層膜の理論反射率	16
2.5	大きさをもつ物質による X 線のトムソン散乱。	17
2.6	物質表面による X 線の散乱。	17
2.7	粗さのある物質面上での散乱と反射。	18
2.8	単層の薄膜による反射	20
2.9	XAFS の概念図	22
2.10	XAFS 吸収スペクトルの例	23
3.1	X 線望遠鏡の斜入射光学系	24
3.2	X 線望遠鏡の断面図。-複数の反射鏡を同心円共焦点配置に組み込んだ、斜入射型 (Wolter-I) X 線望遠鏡の断面図。	25
3.3	「多重薄板型」X 線望遠鏡。	26
3.4	「直接研磨型」X 線望遠鏡。	26
3.5	焦点面のイメージ。左：等高線で表したものと、右：3 次元的に表したもの。 . .	27

3.6	Point Spread Function (1 次元)。焦点面のイメージを動径方向に積分し (左)、1 次元の PSF を作る (右)。	28
3.7	PSF、EEF、HPD の関係。ps ファイルが壊れているので作り直し。	29
3.8	様々な衛星に搭載される X 線望遠鏡の有効面積。(XRT-S は望遠鏡 1 台の有効面積、その他は mission 全体の有効面積である。) – AE は ASTRO-E の略である。	29
3.9	ASTRO-H 搭載 軟 X 線望遠鏡 (SXT)	30
3.10	SXT の on axis での性能。上段：有効面積、下段：結像性能 (HPD)	32
3.11	Raytracing を用いた SXT の応答関数構築の概念図	33
4.1	左写真は SPring-8 全景。右図は線形加速器と蓄積リングの概略図	34
4.2	BL01B1 実験ハッチ内と、実験コントロール機器の写真	35
4.3	BL01B1 輸送系光学素子の概念図	36
4.4	輸送系光学素子内の写真。左図：二結晶分光器外観、右図：第二ミラー外観	37
4.5	-2 ステージ、概念図。	38
4.6	BL01B1 で使用される測定機器	40
5.1	エネルギー較正、XAFS 用の測定システム概略図	43
5.2	エネルギー較正用の厚さ 6 μm の Cu フォイル。ビームアライメント用のレーザーが当てられて、位置調整を行っている写真。	44
5.3	左図：Cu 薄膜の XAFS 測定の結果。右図：吸収端付近の拡大図と Cu K 吸収端の pre-edge	46
5.4	左図：Cu 薄膜の XAFS 測定 2 の結果。右図：得られた結果を微分し、極値となる値を Lorentzian でフィットして求めた。	46
5.5	反射鏡サンプル	47
5.6	反射率測定システム概略図	49
5.7	アライメント概念図	51
5.8	ピエゾチューニングによる DCM 第一結晶の最適化の概念図と、調整時のロッキングカーブの例	52
5.9	反射率測定、ダイレクト測定、散乱光測定の概念図	55
5.10	反射率結果 (11200 eV) 左図：Linear 表示、右図：Log 表示	57
5.11	反射率結果 (12000 eV) 左図：Linear 表示、右図：Log 表示	57
5.12	反射率結果 (13000 eV) 左図：Linear 表示、右図：Log 表示	57
5.13	反射率結果 (14000 eV) 左図：Linear 表示、右図：Log 表示	58
5.14	反射率結果 (14500 eV) 左図：Linear 表示、右図：Log 表示	58
5.15	反射率結果 (15400 eV) 左図：Linear 表示、右図：Log 表示	58
5.16	反射率測定と散乱光測定の I_1 のプロット ($0.1\text{--}0.4^\circ$)	62
5.17	反射率測定と散乱光測定の I_1 のプロット ($0.45\text{--}0.8^\circ$)	63
5.18	エネルギースキャン反射率結果。黒線は Henke 1993 の原子散乱因子から計算された反射率。上図：Linear 表示、下図：Log 表示	64
5.19	吸収端付近の反射率。左図が Au-L ₃ 吸収端付近、右図が Au-L ₂ 吸収端付近。XAFS が確認できる。赤： 0.2° 、緑： 0.3° 、青： 0.33° 、水色： 0.36°	65

5.20	吸収端付近の反射率。Au-L ₁ 吸収端付近、XAFS が確認できる。赤：0.2 °、緑：0.3 °、青：0.33 °、水色：0.36 °	65
6.1	各パラメータの反射率への寄与。左図： f_1 、右図： f_2	67
6.2	各パラメータの反射率への寄与。左図：入射角 offset、右図：表面粗さ	67
6.3	反射率のデータから原子散乱因子を導出するための解析の概念図。	69
6.4	二つのダイレクト測定 of I_1/I_0 と平均との Ratio	70
6.5	ダイレクトの系統誤差。赤のプロットは図 6.5 の Ratio から求めた系統誤差 (Binning 済み)	71
6.6	0.33 ° 反射率の分散	72
6.7	0.36 ° 反射率の分散	73
6.8	0.4 ° 反射率の分散	74
6.9	0.45 ° 反射率の分散	75
6.10	0.5 ° 反射率の分散	76
6.11	0.6 ° 反射率の分散	77
6.12	0.7 ° 反射率の分散	78
6.13	0.8 ° 反射率の分散	78
6.14	誤差の反射率測定における、 I_1 強度依存性 (黒:Gain10 ⁸ 、赤:Gain10 ⁹ 、緑:Gain10 ¹⁰)	81
6.15	0.3 ° 反射率とモデル関数との比	83
6.16	0.3 ° のうねりの系統誤差のエネルギー依存性	84
6.17	反射率と誤差評価の結果 (左図：11.2 keV、右図：12 keV)。黒：反射率。緑：分散から得た誤差。青：ダイレクト測定 of 系統誤差。赤：全体 (緑と青の二乗和) の誤差	85
6.18	反射率と誤差評価の結果 (左図：13 keV、右図：14 keV)。黒：反射率。緑：分散から得た誤差。青：ダイレクト測定 of 系統誤差。赤：全体 (緑と青の二乗和) の誤差	85
6.19	反射率と誤差評価の結果 (左図：14.5 keV、右図：15.4 keV)。黒：反射率。緑：分散から得た誤差。青：ダイレクト測定 of 系統誤差。赤：全体 (緑と青の二乗和) の誤差	85
6.20	反射率と誤差評価の結果 (左図：0.2 °、右図：0.3 °)。黒：反射率。緑：分散から得た誤差。青：ダイレクト測定 of 系統誤差。赤：全体 (緑と青の二乗和) の誤差	86
6.21	反射率と誤差評価の結果 (左図：0.33 °、右図：0.36 °)。黒：反射率。緑：分散から得た誤差。青：ダイレクト測定 of 系統誤差。赤：全体 (緑と青の二乗和) の誤差	86
6.22	反射率と誤差評価の結果 (左図：0.4 °、右図：0.45 °)。黒：反射率。緑：分散から得た誤差。青：ダイレクト測定 of 系統誤差。赤：全体 (緑と青の二乗和) の誤差	86
6.23	反射率と誤差評価の結果 (左図：0.5 °、右図：0.6 °)。黒：反射率。緑：分散から得た誤差。青：ダイレクト測定 of 系統誤差。赤：全体 (緑と青の二乗和) の誤差	87
6.24	反射率と誤差評価の結果 (左図：0.7 °、右図：0.8 °)。黒：反射率。緑：分散から得た誤差。青：ダイレクト測定 of 系統誤差。赤：全体 (緑と青の二乗和) の誤差	87
6.25	角度スキャン解析結果、左上：11.2 keV、右上：12 keV、左中：13 keV、右中：14 keV、左下：14.5 keV、右下：15.4 keV	89
6.26	集光ミラーによるビーム発散角への影響。	91
6.27	ビーム発散角の角度反射率への影響 (13 keV)。	92

6.28	角度スキャン解析結果、左上：11.2 keV、右上：12 keV、左中：13 keV、右中：14 keV、左下：14.5 keV、右下：15.4 keV	94
6.29	角度スキャン解析結果、左上： f_1 、右上： f_2 、左中：表面粗さ、右中：入射角度 offset、左下：ビーム発散角。	96
6.30	11.2 keV、15.4 keV のフィット結果	97
6.31	角度スキャン解析結果、左上： f_1 、右上： f_2 、左中：表面粗さ、右中：入射角度 offset、左下：ビーム発散角。	99
6.32	反射率モデルフィットにより得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2 。赤；エネルギー スキャン、緑：角度スキャン。14.5 keV と 15.4 keV で解析結果が一致しない。	101
6.33	f_1 、 f_2 の結果の拡大図、左上：Au-L ₃ edge 付近、右上：Au-L ₂ edge 付近、左下、Au-L ₁ edge 付近。	102
6.34	f_2 の値による反射率への寄与 (左図：14.5 keV、右図：15.4 keV)。Henke 1993 を参照し、 f_2 が 0.9 倍- 1.1 倍の反射率を計算し、比較した図。	103
6.35	角度スキャンとエネルギー スキャンの反射率の比較とその比	104
6.36	角度スキャンとエネルギー スキャンの比と、14 keV 以上の補正関数	105
6.37	補正したエネルギー スキャン 0.2 °の反射率データとその比較	105
6.38	0.2 °の反射率と近似モデルの ratio	106
6.39	反射率モデルフィットにより得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2 。赤：エネルギー スキャン、緑；角度スキャン。	108
6.40	反 f_1 、 f_2 の結果の拡大図、左上：Au-L ₃ edge 付近、右上：Au-L ₂ edge 付近、左下、Au-L ₁ edge 付近。	109
7.1	計算に用いた f_2	111
7.2	実測の解析で得られた f_1 (SPring-8 2014)、分散関係の計算値 (SPring-8 2014-2) との比較。赤：SPring-8 2014、緑：SPring-8 2014-2、黒線：Henke 1993	112
7.3	有効面積の比較 (暫定 version)。黒：Henke 1993、青：NIST、水色：Sasaki 1989、赤：SPring-8 2014、緑：SPring-8 2014-2	114
8.1	BL01B1 で測った他の反射鏡のエネルギー スキャンの結果。左上：Pt-C のスーパーミラー、右上：Pt-C の二層ミラー、左下：NuStar チーム提供、Pt ミラー、右下：NuStar チーム提供、W ミラー。	117

表 目 次

3.1	SXT の設計パラメータ	31
4.1	第一ミラー、第二ミラー概要	36
4.2	分光器概要	37
4.3	BL01B1 で使用される検出器	39
5.1	エネルギー較正用、Cu 薄膜透過 XAFS 測定条件	45
5.2	角度スキャン、各測定条件	54
5.3	エネルギースキャン、各測定条件	60
6.1	それぞれの角度ごとの反射率の分散	79
6.1	それぞれの角度ごとの反射率の分散	80
6.2	Gain ごとの誤差評価関数のパラメータ	82
6.3	それぞれの角度ごとの反射率の分散	83
6.4	角度スキャン、フィット結果	90
6.5	角度スキャン、フィット結果	95
6.6	角度スキャン、フィット結果	98
6.7	エネルギースキャンで固定するパラメータまとめ	98
6.8	エネルギースキャン解析条件	100
6.9	0.2 °の反射率の ratio の 1σ	106
6.10	エネルギースキャン解析条件	107
7.1	計算に用いた f_2	111

第1章 序論

1.1 X線観測と観測機器の応答

我々の手元に届けられる観測データには、天体の情報の他に、必ず光学系、検出器などの観測機器の応答が畳まれてしまっている。検出器などは、ガス検出器であれば内部のガス、半導体検出器であれば Si や CdTe といった物質の吸収などの物理特性が、検出器の応答となる。また、光学系では屈折、反射に伴う物理現象が応答として観測データに現れてしまう。つまり、これらの観測機器の応答を把握しなければ、観測データから解析し、天体の真の情報を得ることができない。その解析に用いる観測機器の応答を記述した関数を応答関数と呼ぶ。このため、観測機器の開発では必ず較正試験を行い、その結果を基に応答関数を構築するプロセスを踏む。

X線では観測機器の応答はエネルギーに依存する。例えば、X線望遠鏡に注目すれば、エネルギーが大きいほど臨界角が小さくなるため、反射率が小さくなり集光力が落ちる。また、X線のエネルギーは原子内の電子の束縛エネルギーとほぼ同程度であるため、K殻、L殻の電子に強く吸収される場合がある。これは吸収端と呼ばれ、物質の特有の構造であり、検出器の検出効率を下げたり、望遠鏡の集光力を急激に小さくしてしまう。観測データのスペクトルには必ずこの構造が現れる。機器の応答関数には、この吸収構造も原子散乱因子という物理パラメータとして取り入れられており、実際の応答を再現しようとしている。

ただし、これらの物理パラメータは詳細な測定がなされていない場合、理論によって求めたものを使用しなければならない。必ずしも理論と実測は一致せず、理論ベースの応答関数を用いてスペクトルのモデルフィットを行うと、大きな残差が生まれてしまう。例えば、図 1.1 は 1990 年に打ち上げられた BBXRT (Broad Band X-ray Telescope) の Crab Nebula のスペクトルと星間吸収モデルを考慮した Power Law のベストフィットの結果である [1]。下図は理論ベースの参照を用いて計算された応答関数を使用した結果で、0.5 keV と 2 keV 付近に大きな残差があることが分かる。それぞれ、Si-K edge、Au-L edge に相当するエネルギーで、これらを実測 (図 1.1 の右図) から求めた光学定数を用いた応答関数を仮定すると、真ん中の図のように残差が改善する。BBXRT の観測機器は X線望遠鏡と Si の半導体を使用しており、それまでのものよりも観測感度が上がり、理論と実測の系統誤差を無視できなくなったためである。

このように、観測機器の高感度、高精細化と同時に、応答関数もより正確なものが要求されるようになる。Chandra 衛星に至っては、回折格子による精密な分光をするために、従来の参照文献では吸収端の構造把握が不足、Ir の反射率測定を全エネルギーで行い、光学定数の更新を行なっている [2]。そして今や、ASTRO-H には ~ 5 eV という高い分光性能を誇る X線カロリメータ、SXS (Soft X-ray Spectrometer) 検出器が搭載されるに至っている。X線 CCD カメラをはるかに凌ぐ分光性能のため、応答関数の高精細化の要求は高くなり、より高精細な測定と光学定数などの物理パラメータの導出が必要になってくる。

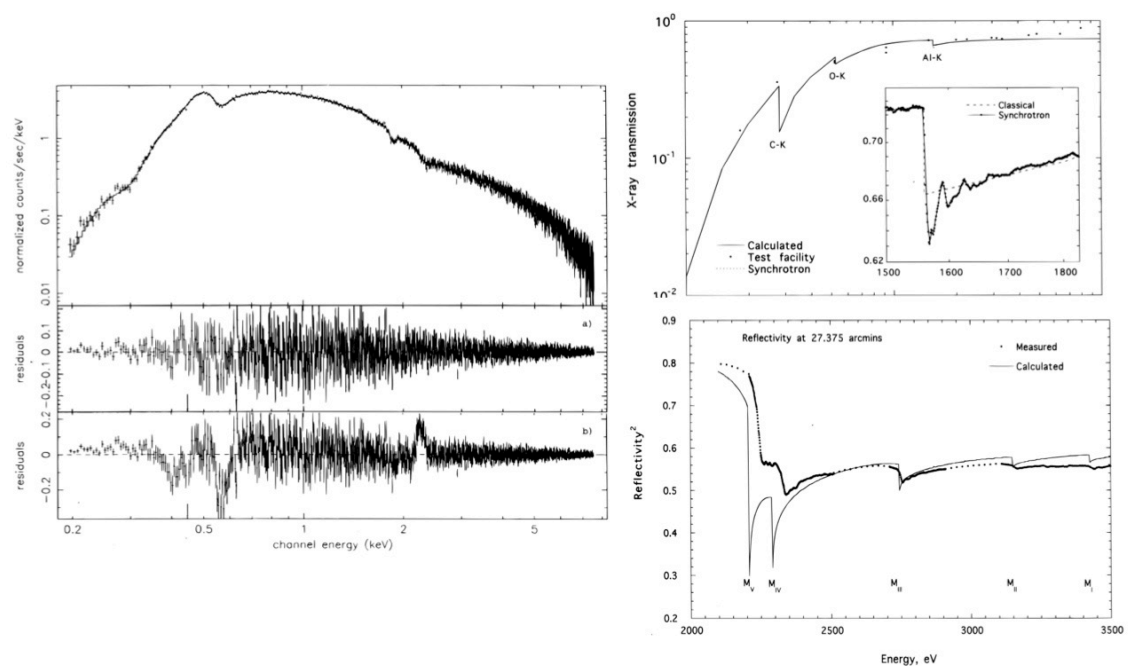


図 1.1: 左図：BBXRT(Broad Band X-ray Telescope) の Crab Nebula のスペクトル。右上図：Si 吸収率 (実測と理論値)、右下図：Au-M 吸収端付近の反射率 (実測と理論値)

1.2 ASTRO-H

ASTRO-H は、現在運用中のすざくに代わる日本の X 線天文衛星である。国際的協力によって開発が進み、2015 年度内の打ち上げが予定されている。軟 X 線、硬 X 線、軟 γ 線の観測装置を搭載し、衛星一台で 0.4-600 keV の広帯域を高感度での観測を目指している。特に軟 X 線 (0.3 - 10.0 keV) のエネルギー帯で超高分解能分光観測が可能なマイクロカロリメータの運用、観測を、ASTRO-E の最初の挑戦以来初めて成功させる。また 10 keV 以上の硬 X 線領域では多層膜を利用した硬 X 線望遠鏡 (HXT) が搭載され、集光させることにより、より高感度な観測が可能となる。

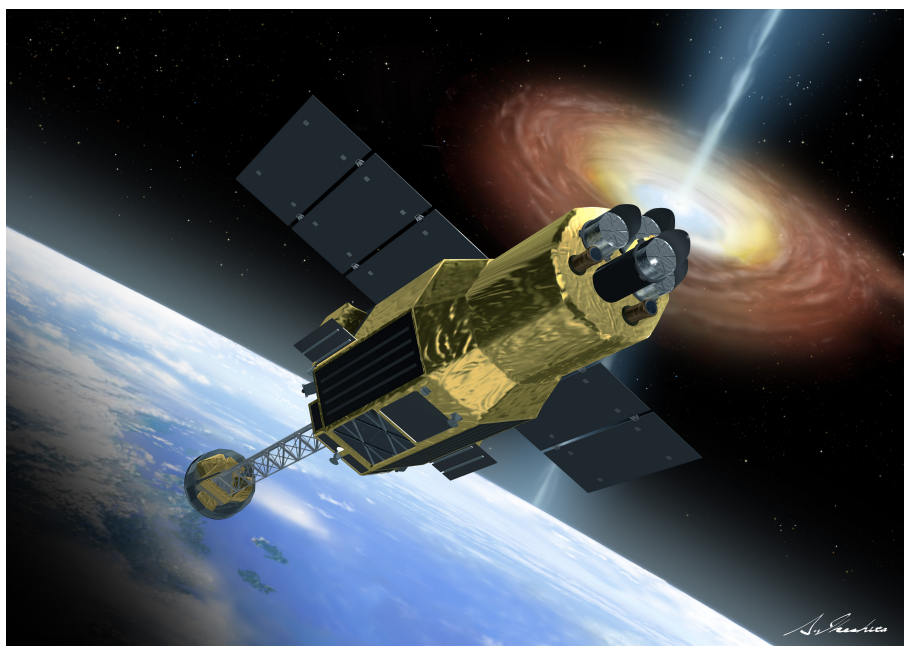


図 1.2: ASTRO-H

1.2.1 ASTRO-H 搭載する主な機器

軟 X 線帯

- 軟 X 線望遠鏡 (Soft X-ray Telescope :SXT)
以下に紹介する二つの軟 X 線検出器のため、0.3-12 keV の X 線を集光、結像する X 線望遠鏡である。すざくに搭載された XRT の発展型であり、口径の大型化、焦点距離を延長したことにより、一台分の有効面積がさらに大きくなっている。また結像性能も向上している。詳しくは後の X 線望遠鏡で紹介する。
- 軟 X 線分光撮像検出器 (Soft X-ray Imager: SXI)
0.3-12 keV の軟 X 線を SXT との組み合わせで撮像、分光を行う検出器である。放射線への耐性が強い裏面照射型の CCD を 4 枚、「田」の字に設置し 38 分角という広い視野での観

測が可能となる。また裏面照射型で不得意な高エネルギー側の感度は、完全空乏素子を 200 nm にすることですばくに搭載された XIS と比べ改善されている。

- 精密軟 X 線分光装置 (Soft X-ray :SXS)

X 線天文衛星搭載用検出器の中では $\Delta E < 7\text{eV}$ というかつてないほど高いエネルギー分解能を誇る、軟 X 線撮像、分光機器である。大型の冷凍機によって極低温まで冷やし、X 線が Si の吸収体に入ったときに生じる温度変化を検出することによって、X 線の精密分光が可能となっている。

硬 X 線帯

- 硬 X 線望遠鏡 (Hard X-ray Telescope : HXT)

5.0-80 keV までの X 線の結像を担う望遠鏡である。純国産であり、名古屋大学が開発、製作を行った。SXT のような Au の単層の反射膜では高エネルギーの X 線では臨界角が小さく、結像、集光が困難であるため、HXT では Pt/C の多層膜スーパーミラーを採用している。これは全反射を利用するだけでなく、反射鏡それぞれの層のブラッグ反射を利用して X 線を反射させ、高エネルギー側の X 線の結像を可能にしている。

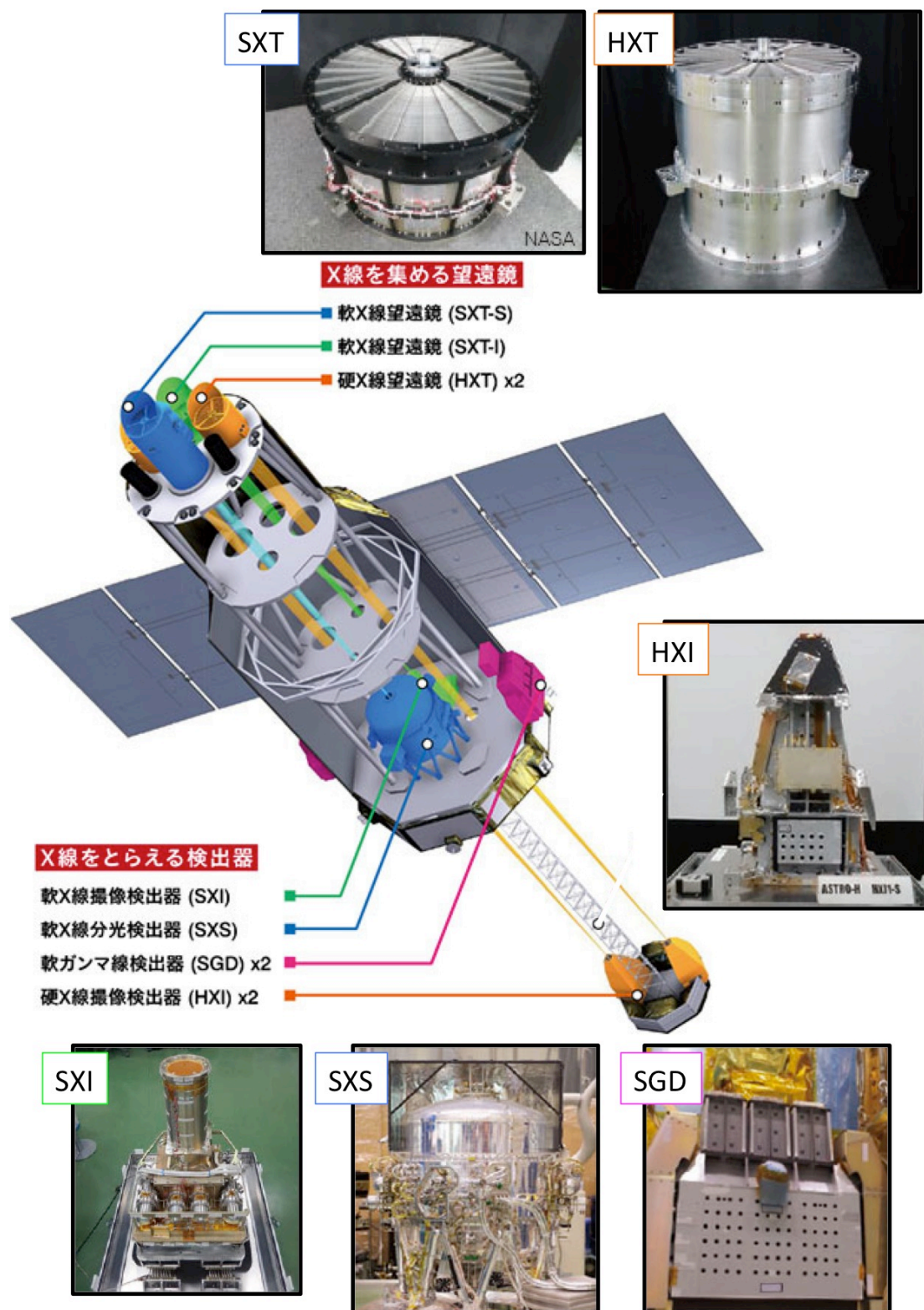
- 硬 X 線撮像検出器 (Hard X-ray Imager :HXI)

HXT から 12 m の焦点面に置かれる 5-80 keV の X 線の撮像を行う検出器である。有効面積を稼ぎ信頼性を高めるため、2 台搭載される。撮像素子は 5 層に分かれており、上から 4 層が Si、最低部の 1 層が CdTe の両面ストリップ検出器で構築されている。上の 4 層の Si 検出器によって $\sim 30\text{ keV}$ までの X 線を検出し、さらに高エネルギーで Si 検出器を通過してくる X 線を CdTe の検出器で観測する。さらに、視野外の放射線のバックグラウンドを除去を行うための BGO シンチレータのアクティブシールドに覆われている。

軟 γ 線帯

- 軟ガンマ線検出器 (Soft Gamma-ray Detector :SGD)

80 keV 以上の X 線領域では HXT の反射率が落ちるため、望遠鏡による光学系を用いることができず、井戸型のシールドや金属製のファインコリメータによって 36×36 分角に視野を絞って入ってくる光子を制限している。光電効果とコンプトン効果を利用し、60 keV 以上の X 線、軟 γ 線ではコンプトン運動学を解く事で、光子の到来した場所を推定し撮像ができるようになっている。すばくの HXD の GSO と比べ、バックグラウンドを 1 桁下げ、感度を 2 桁上昇させることに成功している。



出典: http://fanfun.jaxa.jp/countdown/astro_h/instruments.html

図 1.3: ASTRO-H と搭載される観測機器

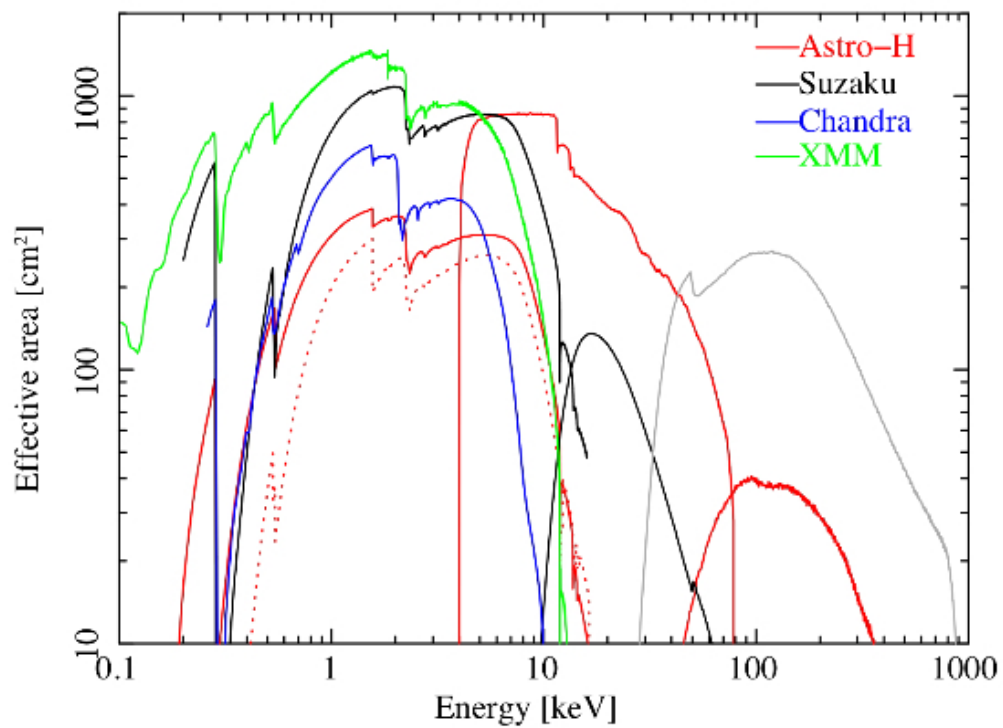


図 1.4: ASTRO-H と他の X 線天文衛星の有効面積の比較。有効面積は検出感度を表している。ASTRO-H が他の衛星と比べ、広いエネルギーバンドでの観測ができることが分かる。

第2章 X線光学

2.1 反射の原理

2.1.1 トムソン散乱

物質中を z の距離だけ通過した電磁波の電場に対する波動方程式の一般解は、真空での波長を λ として、複素屈折率 \tilde{n}

$$\tilde{n}(\lambda) = n(\lambda) - i\beta(\lambda) \quad (2.1)$$

を用いることで、

$$E(z, t) = E_0 \exp\left(-\frac{2\pi i}{\lambda}(\tilde{n}z - ct)\right) \quad (2.2)$$

$$= E_0 \exp\left(-\frac{2\pi\beta}{\lambda}z\right) \exp\left[-\frac{2\pi i}{\lambda}(nz - ct)\right] \quad (2.3)$$

と書ける。ここで、 E_0 は $z = 0$ での電場の振幅である。この式は、第1項が屈折率の虚数部分 β を消衰係数とした減衰関数で、第2項が物質中での振動を表している。つまり、 $\mu = 2\pi\beta/\lambda$ とすると、距離 z を通過した波の強度 $I(z) = |E(z)|^2$ はもとの強度 I_0 に対して、

$$I(z) = I_0 \exp(-\mu z) \quad (2.4)$$

と減衰する事を意味している。実際は μ の代わりに、これを物質の密度 ρ で割った質量吸収係数 μ_m が使われる事が多い。

X線が物質中に入射すると、ある断面積で原子がX線と弾性散乱を起こす。これをトムソン散乱と言う。簡便のため、まず自由電子によるトムソン散乱を考える。振幅が E_0 である入射X線の電磁波によって、原子中の束縛電子に双極子的な強制振動を引き起こし、この電子を源として入射X線と同じ振動数を持つ二次的なX線が放射される。再放射された散乱波は方向依存性をもっており、散乱波の振幅 E_s は双極子軸と散乱波の進行方向の角度 χ との間に、

$$E_s = \frac{r_e E_0}{r} \sin \chi \quad (2.5)$$

の関係がある (図 2.1)。ここで、 r_e は次で定義する電子古典半径である。

$$r_e = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2} = 2.82 \times 10^{-13} [\text{cm}] \quad (2.6)$$

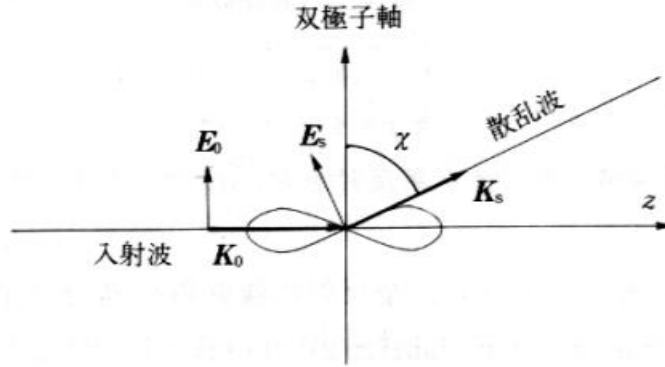


図 2.1: 電子によるトムソン散乱の散乱角依存性。

一方、原子核も電荷を持っており、入射 X 線によって振動させられる。しかし、振動とそれによって引き起こされる二次的な放射は、荷電粒子が非相対論的運動の場合、加速度に比例するため、電子に比べ非常に大きな質量を持つ原子核からの再放射は無視することができる。

2.1.2 原子散乱因子

原子全体での散乱は、自由電子による散乱波の重ね合わせだけで考えれば良いように思えるが、実際の電子は原子核に束縛されている。さらに周囲の原子との相互作用があるため補正が必要となる。この補正のために X 線エネルギー E での原子散乱因子 f を以下のように定義する。

$$f \equiv \frac{\text{1 個の原子によって散乱された波の振幅}}{\text{1 個の電子によって散乱された波の振幅}} \quad (2.7)$$

$$= f_1(E, \phi) + i f_2(E, \phi) \quad (2.8)$$

この補正を加えると、原子による散乱振幅 E_s は

$$E_s = f(E, \phi) \times \frac{r_e E_0}{r} \sin \chi = [f_1(E, \phi) + i f_2(E, \phi)] \times \frac{r_e E_0}{r} \sin \chi \quad (2.9)$$

となる。注意しなければならないのは、この f_1, f_2 は入射 X 線のエネルギーだけではなく、散乱角 ϕ にも依存することである。これは散乱角が増えると原子内の各電子による散乱波の位相がずれるためである。しかし、媒質中の屈折率を考える時は、散乱角 ϕ の分の散乱成分は打ち消し合うため、原子散乱因子は前方散乱のみ考えればよく、 $f_1(E, \phi), f_2(E, \phi)$ を、それぞれ $f_1(E, 0), f_2(E, 0)$ の値で近似できる。

この原子散乱因子 f はさらに、X 線のエネルギーによらない f_0 を使い、

$$f(E, 0) = f_0 + f'(E, 0) + i f''(E, 0) \quad (2.10)$$

と表されることもある。ここで用いられる f' と f'' は異常分散項と呼ばれる。異常分散項は原子内の電子による吸収の情報を持っており、原子と入射光子のエネルギーに依存する値であ

る。特に X 線の周波数と原子内の電子の周波数が共鳴する吸収端構造の情報は、この異常分散項が持っている。この異常分散項の値を調べることによって、原子内の電子構造などを把握することができる。

そして、 f' , f'' は一般的な周波数応答関数と同様に Kramers-Kronig の関係式が成り立つ。また f'' は吸収を表すため、光電吸収の吸収断面積に比例することを考慮すると、原子散乱因子 $f_1(= f_0 + f')$ と $f_2(= f'')$ は次式のように表すことができる。

$$f_1(E, 0) = Z - \Delta_{rel} + \frac{1}{\pi r_e h c} \int_0^\infty \sigma(\epsilon) \frac{\epsilon^2}{E^2 - \epsilon^2} d\epsilon \quad (2.11)$$

$$f_2(E, 0) = \frac{1}{2\pi r_e h c} E \sigma(E) \quad (2.12)$$

f_1 の第 1 項は原子中の電子数を表し、第 3 項は異常分散の効果を表している。 Δ_{rel} は相対論補正項で

$$\Delta_{rel} = E_{tot}/m_e c^2 \quad (2.13)$$

$$E_{tot}/m_e c^2 \sim (Z/82.5)^{2.37} \quad (2.14)$$

と近似される。 E_{tot} は原子内の全電子の結合エネルギーで、 $m_e c^2$ は電子の静止エネルギーである。

Henke 1993[3] の原子散乱因子の表は、数々の実験や理論的近似に基づいた $\sigma(E)$ ¹⁾ を (2.12)、(2.12) 式に代入して得られている。

2.1.3 光学定数

X 線における複素屈折率は光学定数 δ と β を用いて

$$\tilde{n} = n + i\beta = 1 - \delta + i\beta \quad (2.15)$$

と書かれる。これらの光学定数は前方散乱のみを考えた原子散乱因子 f_1 、 f_2 と

$$\delta = 1 - n = \frac{e^2 \hbar^2}{2\epsilon_0 m_e E^2} f_1 = \frac{N_a r_e}{2\pi} \lambda^2 f_1 \quad (2.16)$$

$$\beta = \frac{e^2 \hbar^2}{2\epsilon_0 m_e E^2} f_2 = \frac{N_a r_e}{2\pi} \lambda^2 f_2 = \frac{\lambda}{4\pi} \mu = \frac{\rho \lambda}{4\pi} \mu_m \quad (2.17)$$

の関係がある。ただし $N_a = (N_0/A)\rho$ ²⁾ とする。

¹⁾Henke 1993 の場合、吸収断面積の referece として、Doolen and Liberman 1987[4]、Saloman 1988[5]、Biggs and Lighthill 1988[6] が用いられている。

²⁾ N_0 はアボガドロ数、 A は原子質量数、 ρ は原子密度である。

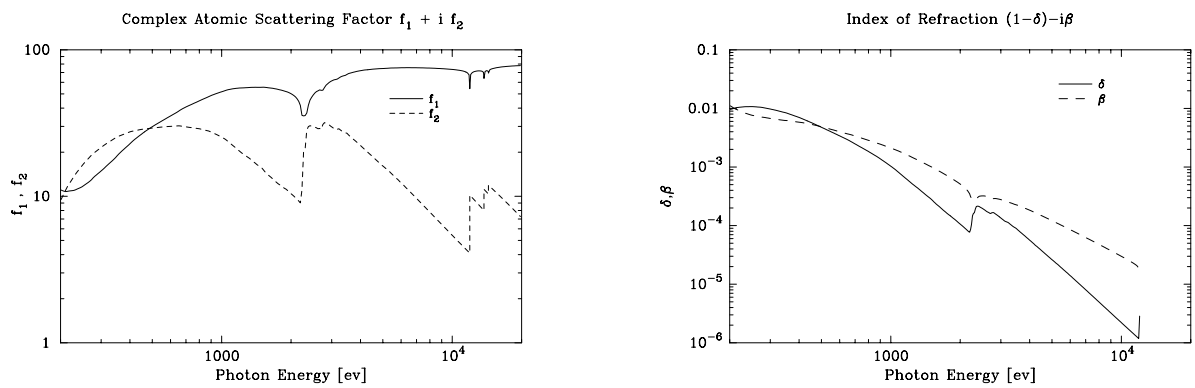


図 2.2: 金の複素原子散乱因子と光学定数。(図左は金の複素原子散乱因子 f_1, f_2 、図右は金の密度を $19.32 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ としたときの光学定数 δ, β である。両図とも横軸にエネルギーをとる。)

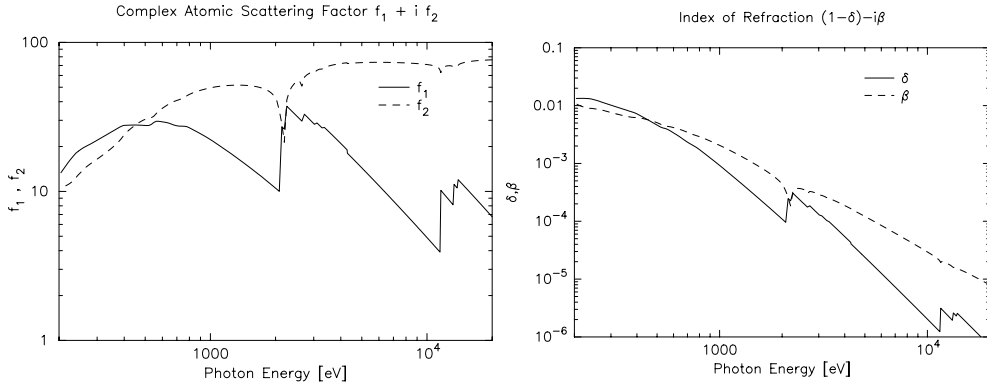


図 2.3: プラチナの複素原子散乱因子と光学定数。(図左はプラチナの複素原子散乱因子 f_1 、 f_2 、図右は金の密度を $21.45 \text{ [g/cm}^3]$ としたときの光学定数 δ 、 β である。両図とも横軸にエネルギーをとる。)

2.2 X 線の全反射

屈折率が 1 より小さいことから、X 線が物質表面に臨界角 θ_c よりも小さい角度で入射すれば全反射を得る事ができる。ここで真空中から物質 (屈折率 \tilde{n}) に X 線が入射した場合を考える。それぞれ表面から測った入射角、屈折角を θ_i 、 θ_r とすると、スネルの法則により

$$\cos \theta_i = \tilde{n} \cos \theta_r \quad (2.18)$$

の関係がある。 $\theta_r = 0$ の時の θ_i が θ_c であるから、吸収を無視 ($\beta = 0$) すると、

$$\cos \theta_c = \tilde{n} \simeq 1 - \delta \quad (2.19)$$

となる。さらに $\delta \ll 1$ であるから、 $\theta_c \ll 1 \text{ [rad]}$ である。そこで $\cos \theta_c \simeq 1 - \frac{\theta_c^2}{2}$ の近似を用いると

$$\theta_c = \sqrt{2\delta} \quad (2.20)$$

となる。よって (??) 式より、 $\rho \text{ [g/cm}^3]$ 、 $E \text{ [keV]}$ 、 $\lambda \text{ [nm]}$ を用いて θ_c は

$$\theta_c = 1.332 \times 10^{-2} \left(\frac{\rho f_1}{A} \right)^{1/2} \lambda \text{ [deg]} \quad (2.21)$$

$$= 1.651 \times 10^{-2} \left(\frac{\rho f_1}{A} \right)^{1/2} \frac{1}{E} \text{ [deg]} \quad (2.22)$$

と書ける。吸収端から十分離れたところでは $f_1 \sim Z$ であり、重元素の場合 $Z/A \sim 0.5$ であるから、(2.20) 式は結局

$$\theta_c \propto \sqrt{\rho} \lambda \quad (2.23)$$

と求まる。したがって反射面にはしばしば密度の大きな物質である金や白金が用いられる。

真空から複素屈折率 \tilde{n} を持つ物質に X 線が入射した場合、界面に平行な電場ベクトルを持つ P 偏光と、垂直な電場ベクトルを持つ S 偏光に対する反射振幅 r_p, r_s は、 E と H の境界条件より、フレネルの式から

$$r_p = \frac{\sin \theta_r - \tilde{n} \sin \theta_i}{\sin \theta_r + \tilde{n} \sin \theta_i}, \quad r_s = \frac{\sin \theta_i - \tilde{n} \sin \theta_r}{\sin \theta_i + \tilde{n} \sin \theta_r} \quad (2.24)$$

である。反射強度はそれぞれの偏光につき複素共役との積をとり

$$R_p = r_p r_p^*, \quad R_s = r_s r_s^* \quad (2.25)$$

と書ける。全反射の様な極端な斜入射では反射率はほとんど偏光に依らない。よって反射率は

$$R = \frac{R_p + R_s}{2} \quad (2.26)$$

と考えて良い。したがって反射率は臨界角 θ_c で規格化すると、

$$R = \frac{h - \frac{\theta}{\theta_c} \sqrt{2(h-1)}}{h + \frac{\theta}{\theta_c} \sqrt{2(h-1)}} \quad (2.27)$$

$$h = \left(\frac{\theta}{\theta_c} \right)^2 + \sqrt{\left(\left(\frac{\theta}{\theta_c} \right)^2 - 1 \right)^2 + \left(\frac{\beta}{\delta} \right)^2}$$

となる。

図 2.4 に (2.27) 式を用いて計算した、真空と物質の界面での X 線の反射率計算結果を示す。横軸は臨界角で規格化した入射角である。このように、反射率は $\theta/\theta_c = 1$ 以下の全反射領域でのみ高く、臨界角を超えると急速に減衰する。また X 線の吸収が少ないとき ($\beta/\delta = 0$)、全反射領域 ($\theta/\theta_c = 1$ 以下) での反射率は 100% であるが、吸収が大きくなる (すなわち β/δ の値が大きくなる) にしたがって全反射領域の反射率が低下することが分かる。したがって、反射物質には、密度が大きく、 β/δ が小さい、さらには物理的、化学的に安定な物質である金や白金が有用である。

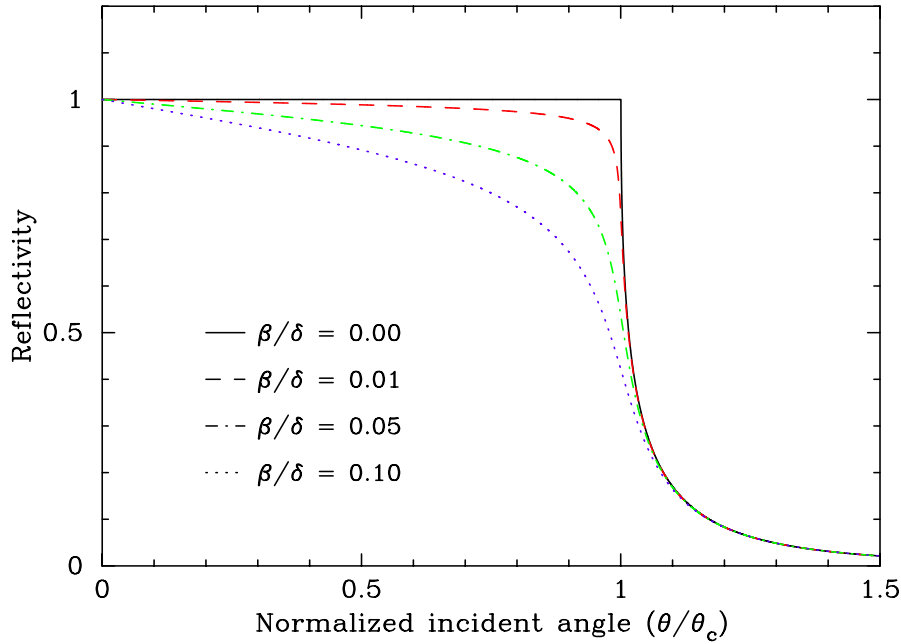


図 2.4: 単層膜の理論反射率

2.3 反射表面粗さによる反射率と散乱

2.3.1 運動学的回折理論

有限の大きさをもつ物質による X 線のトムソン散乱を考える。物質表面による散乱はボルンの第一近似³⁾が適用できるので、物質からの散乱波の振幅は各原子による散乱波の振幅を、電子の位置による位相のずれを考慮して重ね合わせたものとなる。

入射波と散乱波の波数ベクトルをそれぞれ k 、 k_0 として、散乱ベクトル q を

$$q = k - k_0 \quad (2.28)$$

と定義する。この大きさは、

$$|q| = q = \frac{4\pi \sin \theta}{\lambda} \quad (2.29)$$

である。但し、 2θ は k と k_0 のなす角である。

すると点 P からの散乱波は、原点からの散乱波との間に位相差 $(k - k_0) \cdot r (= q \cdot r)$ を生ずる。ここで位置 r での原子の数密度を $\rho(r)$ とすると、微小体積要素 dr で散乱される波の振幅は、 $\rho(r) \exp(iqr)dr$ に比例する。したがって、強度 I_0 の X 線が入射した場合の散乱体全体からの散乱波の強度は、

³⁾物質中で X 線が 1 回しか散乱されないときに使用できる近似で、物質と X 線との相互作用が十分小さい時に適用できる。

$$S(\mathbf{q}) \equiv N \int \exp(-i\mathbf{q} \cdot \mathbf{r}) d\mathbf{r} \quad (2.30)$$

として、

$$I = I_0 f^2 |S(\mathbf{q})|^2 \quad (f : \text{原子散乱因子}) \quad (2.31)$$

となる。これは、散乱体が固体、液体、気体でも適用できる一般的な式で、運動学的回折理論の基礎を与える式である。

次に図 2.6 のような物質表面での X 線の散乱を考える。粗さのある平面を考えた時に、図 2.8 のように、平均の表面に x, y 軸を、それに垂直に z 軸を定義する。これから q のそれぞれの方向に対する成分は、 xz 面内から X 線が入射したとし、図 2.6 で定義する角度を用いると、 $q(q_x, q_y, q_z)$ の成分はそれぞれ、

$$q_x = \frac{2\pi}{\lambda} (\cos \theta_i - \cos \theta_s \cos \phi) \quad (2.32)$$

$$q_y = \frac{2\pi}{\lambda} (-\cos \theta_s \sin \phi) \quad (2.33)$$

$$q_z = \frac{2\pi}{\lambda} (\sin \theta_i + \sin \theta_s) \quad (2.34)$$

となる。ここで、物質表面上での反射に運動学的回折理論を適用し、(2.27) 式の R_0 を用いることで、反射 X 線の強度は、

$$I = I_0 R_0 \left| \frac{1}{A} \int_A dx dy \exp[-iq_z Z(x, y)] \exp[-i(q_x x + q_y y)] \right|^2 \quad (2.35)$$

と導ける (A は X 線があたっている領域)。

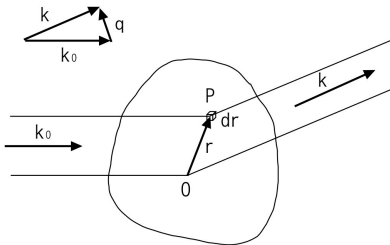


図 2.5: 大きさをもつ物質による X 線のトムソン散乱。

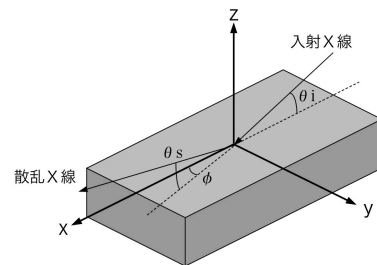


図 2.6: 物質表面による X 線の散乱。

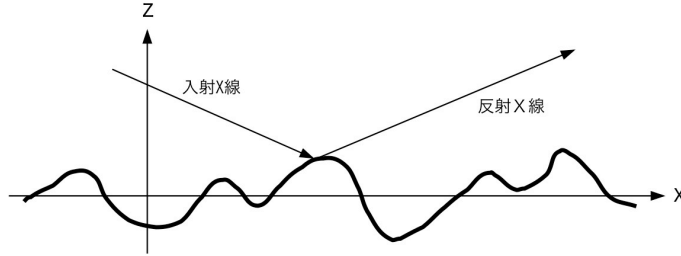


図 2.7: 粗さのある物質面上での散乱と反射。

2.3.2 Debye-Waller 因子

ここでは、 $q_z Z(x, y) \ll 1$ となるような滑らかな平面上での正反射⁴⁾(以後、「反射」とは正反射 X 線で、「散乱」とは正反射以外の方向へ進む X 線とする。)の反射強度について考える。

まず、 $q_z Z(x, y) \ll 1$ により $q_z Z(x, y)$ を含むエクスポネンシャルを 2 次の項まで展開し、

$$\exp(-iq_z Z(x, y)) \simeq 1 - iq_z Z(x, y) - \frac{1}{2!}(q_z Z(x, y))^2 \quad (2.36)$$

ここで第 2 項は大角度への散乱を表す項であるため、今のように非常に滑らかな平面では無視できる。そこで、さらに

$$\simeq \exp\left(-\frac{1}{2}(q_z Z(x, y))^2\right) \quad (2.37)$$

と近似できる。正反射では、 $\theta_i = \theta_s, \phi = 0$ であるので、 $q_x = q_y = 0, q = q_z = 2 \sin \theta_i$ となり、(2.35) 式にあてはめると、

$$I = I_0 R_0 \left| \frac{1}{A} \int_A \exp[-iqZ(x, y)] dx dy \right|^2 \quad (2.38)$$

$$\simeq I_0 R_0 \left(\exp\left(\frac{1}{2}(qZ(x, y))^2\right) \frac{1}{A} \int_A Z^2(x, y) dx dy \right)^2 \quad (2.39)$$

ここで表面粗さ σ を考えると、 $\frac{1}{A} \int_A Z^2(x, y) dx dy = \sigma^2$ であるので、

⁴⁾平均の法線方向に垂直な面に対しての入射角 θ_i と散乱角 θ_s が等しい場合にその X 線を正反射光、その散乱角を正反射な方向という。

$$I = I_0 R_0 \left(\exp \left(-\frac{1}{2} (q\sigma)^2 \right) \right)^2 \quad (2.40)$$

と書き直せる。 R_0 にかかる項は Debye-Waller 因子 F は

$$\begin{aligned} F &= \exp(-q^2 \sigma^2) \\ &= \exp \left(- \left(\frac{4\pi\sigma \sin \theta_i}{\lambda} \right)^2 \right) \end{aligned} \quad (2.41)$$

となる。このフレネルの反射率 R_0 に Debye-Waller 因子をかけたものは、特に $qZ(x, y) \ll 1$ となる条件では実験結果を非常によく再現している。

Debye-Waller 因子を見ると、波長の⁻²乗に比例して減衰効果が大きくなることが分かる。X線領域（波長が 0.1 ~ 100Å の様に非常に短かな波長域では、可視光の光学系のような直入射光学系を用いると数Å程度の粗さで反射率が大きく低下してしまう。しかし、X線望遠鏡では極端な斜入射光学系を用いているため、 $\sin \theta_i$ の効果の分 σ の値が数Åでも観測に十分な反射率を得ることができる。

2.3.3 Nevot-Croce 因子

さらに Debye-Waller 因子を補正させた Nevot-Croce 因子 [7] が 1980 年代から知られるようになった。これは界面での屈折率を考慮したものである。物質 i から物質 j に入射し、反射する場合を考えると、(2.41) 式までに現れる q はそれぞれの媒質上で、 q_i 、 q_j 、となる。Debye-Waller 因子 (2.41) 式に現れる q^2 の部分が $q_i q_j$ に置き換わり、Nevot-Croce 因子 F_{ij}

$$F_{ij} = \exp(-q_i q_j \sigma^2) \quad (2.42)$$

となる。 $q_i = 4\pi n_i \sin \theta_i / \lambda$ なので F_{ij} は具体的に、

$$F_{ij} = \exp \left(- (n_i \sin \theta_i) (n_j \sin \theta_j) \left(\frac{4\pi\sigma}{\lambda} \right)^2 \right) \quad (2.43)$$

と書くことができる。

2.4 薄膜の反射

SXT の反射鏡は Al の基板に Au の薄膜を 2000Å コーティングされている。この Au は非常に薄いため、反射率モデルを作成するとき、基板を考慮して計算しなければならない。ここで、図 2.8 のような単層膜を考える。基板の複素屈折率 $n_2 = n_2 - i\beta_2$ 、蒸着された物質の屈折率を $n_1 = n_1 - i\beta_1$ とする。厚さ d の蒸着物質に、波長 λ の光が入射角 θ_i で入射した場合の振幅反射

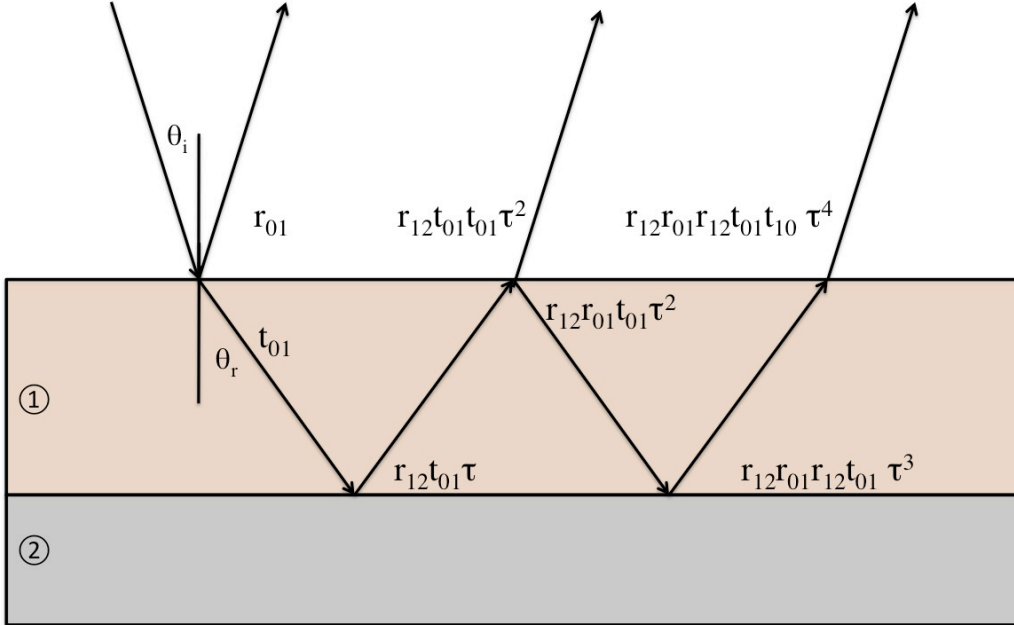


図 2.8: 単層の薄膜による反射

率はフレネルの振幅反射率、透過率を考え、鏡面での反射と基板からの反射の重ね合わせで記述できる [8][9][10]。

今、 r_{ij} と t_{ij} を媒質 i から媒質 j へ光が入射する時のフレネルの振幅反射率、透過率とする。この時、振幅反射率は次のような無限等比級数で表すことができる。

$$r = r_{01} + r_{12}t_{01}t_{10}\tau^2 + r_{10}r_{12}t_{01}t_{10}\tau^4 + \quad (2.44)$$

$$= r_{01} + \frac{t_{01}t_{10}r_{12}\exp(-2i\tau)}{1 - r_{12}r_{10}\exp(-2i\tau)} \quad (2.45)$$

τ は光が膜内での一回の内部反射で受ける位相の遅れを表しており、

$$\tau = 2\pi\tilde{n}_1 d \cos \theta_1 / \lambda \quad (2.46)$$

$$(2.47)$$

である、屈折角 θ_r はスネルの法則により、

$$\tilde{n}_0 \sin \theta_r = \sin \theta_i \quad (2.48)$$

$$(2.49)$$

となる。

反射率は必ず、表面粗さの減衰が存在し、さらに、粗さの因子を f_{ij} としフレネルの反射係数 r_{ij} かけると、反射率は以下の式となる。

$$R = |r|^2 = \left| f_{01}r_{01} + \frac{t_{01}t_{10}(f_{12}r_{12}) \exp(-2i\tau)}{1 - (f_{12}r_{12})(f_{10}r_{10}) \exp(-2i\tau)} \right|^2 \quad (2.50)$$

$$(2.51)$$

s 偏光、p 偏光の反射率はそれぞれこの式で計算が可能である。

この時の粗さの因子 f_{ij} は Debye-Waller の粗さもモデルでは、

$$f_{ij} = \exp\left(-\frac{q_i^2 \sigma^2}{2}\right) \quad (2.52)$$

$$(2.53)$$

Nevot-Croce の粗さモデルでは

$$f_{ij} = \exp\left(-\frac{q_i q_j \sigma^2}{2}\right) \quad (2.54)$$

$$(2.55)$$

である。

この反射率の式を用いて、s 偏光、p 偏光でそれぞれで求める。この実験では極端な斜入射を考えているので、偏光の寄与は無視して反射率は

$$R = \frac{R_p + R_s}{2} \quad (2.56)$$

となる。本修論では、 f_{ij} に Nevot-Croce の粗さモデルを用いて、この式から求められる反射率モデルを使用した。

2.5 X 線吸収微細構造 (XAFS)

X 線反射、吸収スペクトルで吸収端付近には、光電吸収した電子の遷移後の状態の違いによる波状構造、X 線吸収微細構造 (XAFS:X-ray Absorption Fine Structure) が現れる。XAFS の発生起源によって種類が大きく二つに分かれており、一つは X 線吸収端近傍構造 (XANES:X-ray Absorption Near Edge Structure)、もう一方は広域 X 線吸収微細構造 (EXAFS:Extended X-ray Absorption Fine Structure) と呼ばれる。

XANES は吸収端から数十 eV の領域に現れる。この起源は電子遷移スペクトルの重ね合わせである。原子内で X 線を吸収した電子は、他の電子に占有されていない空の軌道に遷移する。このような非連続な準位への遷移の重なり合わせが吸収スペクトルの波状構造を作る。この波状構造は原子、分子内部の電子の状態の情報を持っているため、価数を調べることで化学形態を調べることができる。

EXAFS は ~ 1000 eV にまで広がっている波状構造である。光電吸収され飛び出した電子の中には、電子の軌道を越え、連続準位に遷移するものもある。この光電子は波の性質を有し、球面波状に周囲に広がる。光電子波が周囲の原子に当たると光電子の散乱が起きる。散乱された波同士で干渉が起こり、スペクトルは光電子エネルギーに対して波打った特有のスペクトルを与える。逆に言えば、固体でない気体などの状態では隣接する原子、分子はないため EXAFS は観測されない。この EXAFS のを調べることで、局所的な原子の配列に関する情報を得ることができる。

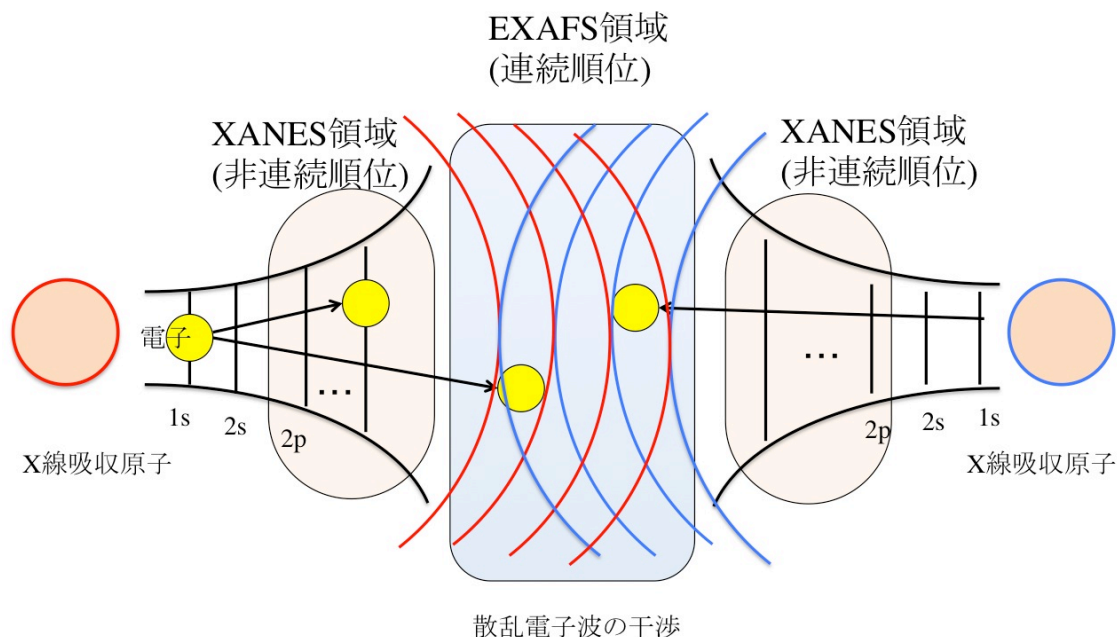


図 2.9: XAFS の概念図

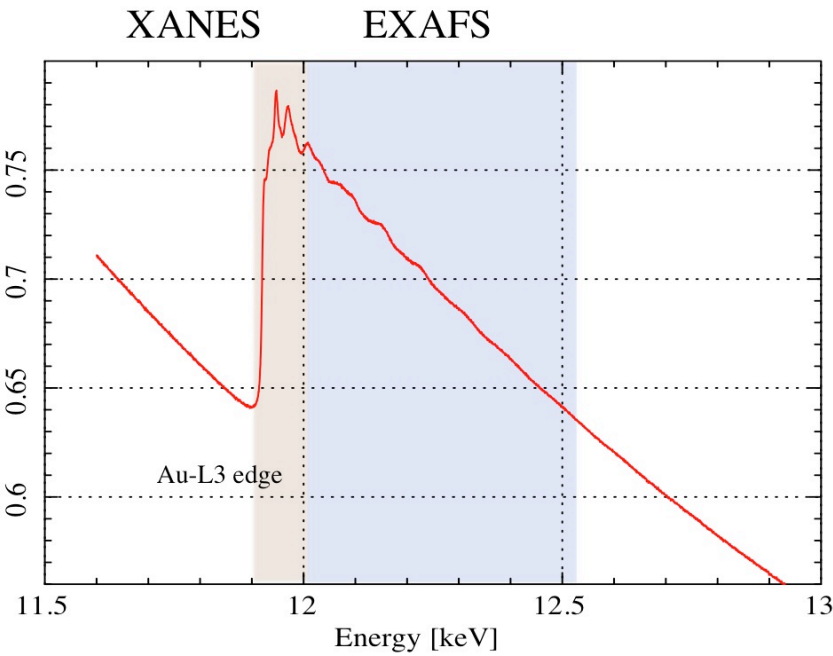


図 2.10: XAFS 吸収スペクトルの例

第3章 X線望遠鏡

3.1 用いられる結像光学系

可視光などの波長帯ではレンズを用いた光学系を望遠鏡に用いるが、X線では物質の屈折率が1よりわずかに小さく、軟X線では吸収が強いため、レンズや直入射反射鏡などの光学素子を用いた光学系で集光、結像が困難である。しかし、その逆にその屈折率であるため、およそ1°以下の極端な斜入射ではX線を反射させることができる。この原理を利用したのが、Wolter型光学系である。この型は回転放物面と回転双曲面の反射鏡を組み合わせ、曲面の内側でX線を反射させ結像する。特に、Wolter I型は二次曲面の組み合わせによって焦点距離を短くすることができ、大きさに制限のある衛星に載せるX線望遠鏡に適している。

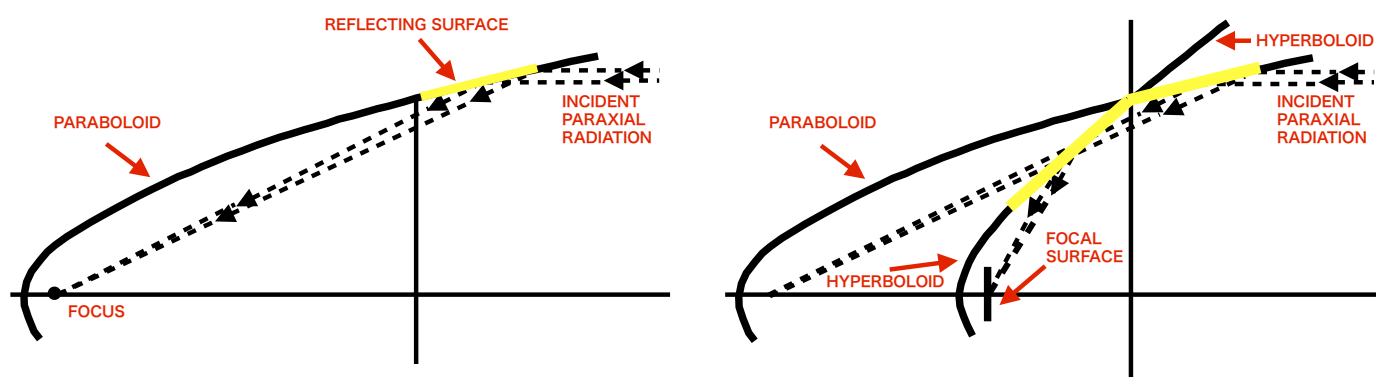


図 3.1: X線望遠鏡の斜入射光学系

3.2 X線望遠鏡の種類

斜入射光学系では、X線入射方向から見た鏡の見込む面積は小さくなり、鏡の実面積の1/100以下になる。そのため集光力を増すには鏡は1枚ではなく、図3.2に示すように多数の鏡を同心円上に配置することが必要になる。

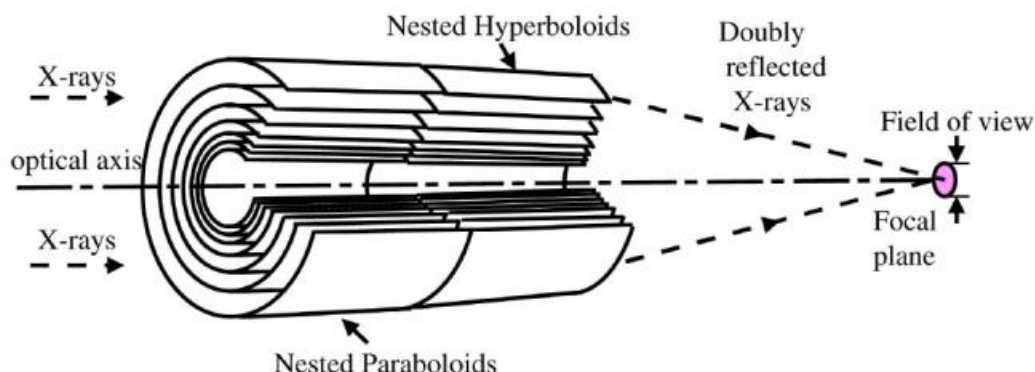


図 3.2: X 線望遠鏡の断面図。-複数の反射鏡を同心円共焦点配置に組み込んだ、斜入射型 (Wolter-I)X 線望遠鏡の断面図。

3.2.1 多重薄板型

集光力をできるだけ大きくするため考案された望遠鏡として、「多重薄板型」X 線望遠鏡がある。これは、基板の厚さを $\sim 0.2 \text{ mm}$ と極力薄くし、非常に多数 (~ 200 枚) の反射鏡を同心円状に並べたもので、軽量でありながら高い開口効率を実現する。鏡面基板は直接研磨せず、アルミニウム薄板に金のレプリカをとる方法によって平滑な鏡面を実現している。ただし反射鏡は 2 次曲面ではなく、円錐面に近似して製作している。我が国では、あすか衛星をはじめ、ASTRO-E、すざく衛星、そして ASTRO-H もこのタイプの望遠鏡の搭載してきた。

3.2.2 直接研磨型

一方、望遠鏡の結像性能を重視した「直接研磨型」X 線望遠鏡がある。これは鏡面を直接切削、研磨し、正確な非球面 (放物面又は双曲面) 加工を行う。具体的には、ゼロデュアーガラス¹⁾を、小型工具を走査させ部分的に工具の滞留時間をコンピュータ制御することで、非球面形状に加工する。さらにその表面に金などを蒸着し反射率を稼ぐ。

この方法で製作された反射鏡は、鏡面を正確な理想 2 次曲面に加工することができるため、非常に高い結像性能を実現することができる。実際に「直接研磨型」X 線望遠鏡を搭載した Chandra では結像性能 0.5 秒角を達成している。しかし、加工のため基板として用いるガラスの厚さを数 cm 程度必要とするため、開口効率は非常に悪く、またその重量は非常に大きくなる。Chandra では X 線望遠鏡だけで 1.5 トンもの重さになる。

¹⁾熱膨張率が非常に小さく、宇宙空間のような苛酷な状況下でも安定して高分解能の結像性能を保つことができる。

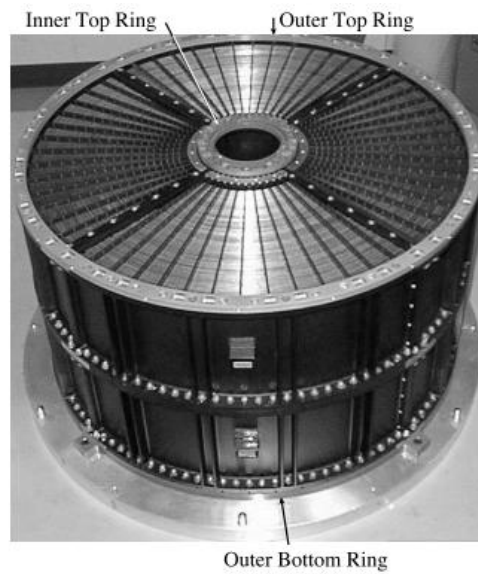


図 3.3: 「多重薄板型」X 線望遠鏡。

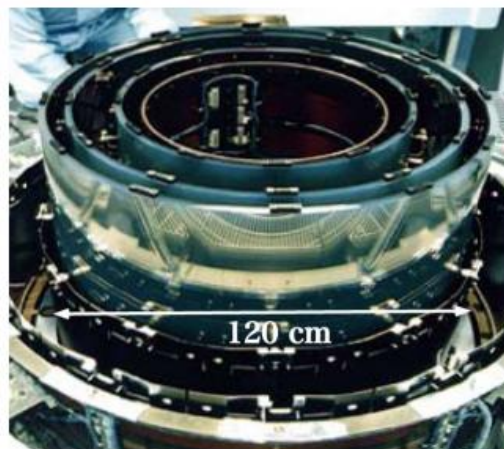


図 3.4: 「直接研磨型」X 線望遠鏡。

3.3 X 線望遠鏡の性能と光学特性

X 線望遠鏡の性能として、「結像性能」、「集光力」に大別される。それぞれの性能、光学特性の定義などこの章で説明する。

3.3.1 結像性能

レンズ光学系同様、望遠鏡の目の良さを「結像性能」と呼び、PSF、EEF、そして HPD という物理量によって評価をしている。

1. HPD (Half Power Diameter) - 全光量の 50% が含まれる円の直径

平行な X 線が X 線望遠鏡に入射し、焦点面上に作るイメージの例を図 3.5 に示す。理想的にはイメージは 1 点に結像するが、実際には図 3.5 のように広がりを持ったイメージとなり、この広がり的大小で結像性能（角分解能）が決まる。この広がり的大小を表すのに、HPD (Half Power Diameter) が用いられる。これは、全光量の 50% が含まれる円の直径である²⁾。HPD の値が小さいほど結像性能が良いといえる。

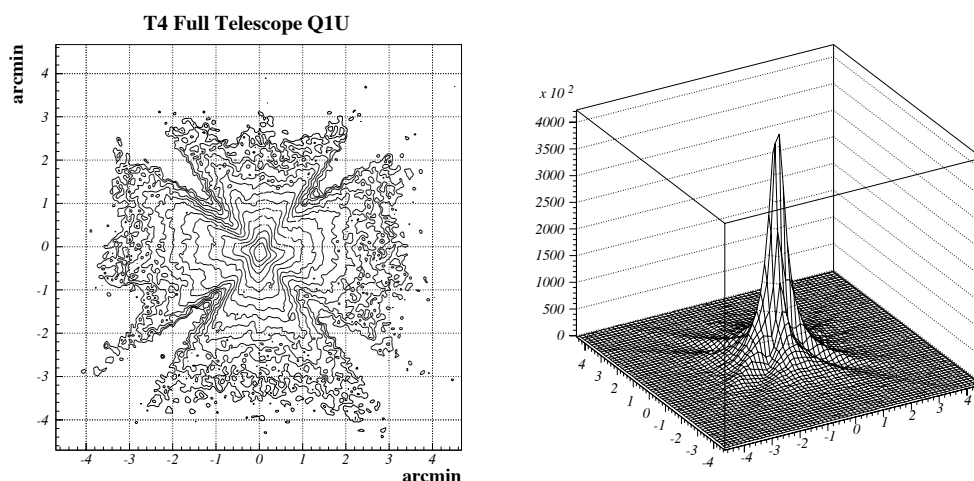


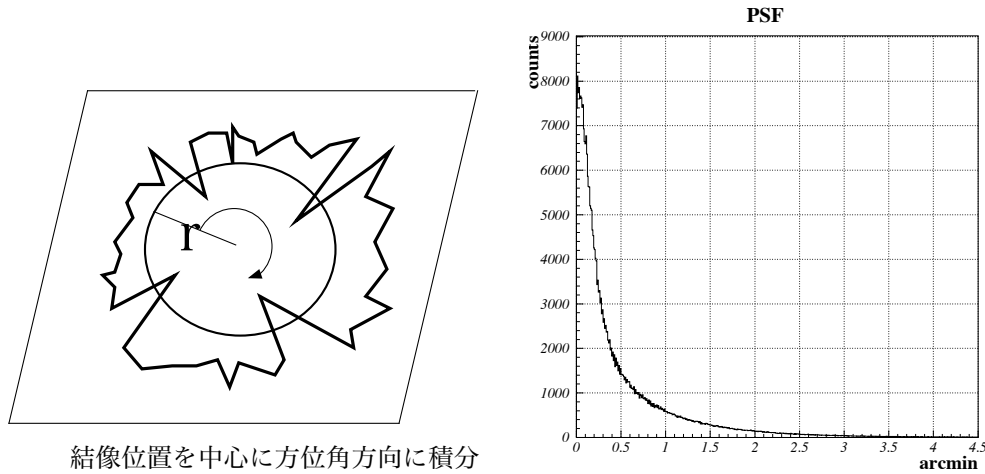
図 3.5: 焦点面のイメージ。左：等高線で表したものと、右：3 次的に表したもの。

2. PSF (Point Spread Function) - 半径 r の円周上に含まれる単位面積当りの光量

焦点面に作られる 2 次元のイメージ上で、半径 r の円周上に含まれる単位面積当りの光量を PSF と呼ぶ (図 3.6)。これは、無限遠にある点源から放射された X 線が、XRT の焦点

²⁾一般に、分解能を表すのに FWHM(Full Width at Half Maximum) が使われる。しかし、斜入射光学系の XRT の輝度分布は中心部に鋭いピークを持ち、中心付近の強度分布についてはガウス分布/半径の関数型で表すことができる。すると、半径が小さくなると、ピークの輝度は $1/r$ で高くなる。これは位置分解能がより良い焦点面検出器を使えば、検出器の 1 画素あたりの面積とともに r がさらに小さくなるので、ピークの高さはより高くなることになる。つまり使用する検出器の位置分解能によって、FWHM の値が異なってしまう。これでは斜入射光学系の結像性能を評価することはできない。一方、HPD は全光量の 50% を含む円の直径であり、全光量にのみ依存した値なので、検出器の位置分解能に依存しない。このため、斜入射光学系の望遠鏡を評価するには HPD が適している。

面に作る輝度分布であり、PSF のコアの部分が鋭いピークを持つほど結像性能が良いといえる。



結像位置を中心に方位角方向に積分

図 3.6: Point Spread Function (1 次元)。焦点面のイメージを動径方向に積分し (左)、1 次元の PSF を作る (右)。

3. EEF(Encircled Energy Function) - 半径 r の円内に含まれる光量

結像中心から半径 r の円内に含まれる光量を EEF と呼ぶ。EEF は以下の関係式に示したように PSF の積分形となっている。

$$EEF(r) = \int_0^r 2\pi PSF(r)dr \quad (3.1)$$

EEF のプロットにおいて、縦軸が 50%の時の横軸の値 (半径) を 2 倍した値が HPD に相当する。最後に PSF、EEF、HPD の関係について図 3.7 にまとめる。図 3.7 は、入射した X 線の全光量を 1 と規格化した時の EEF、 $r = 0$ の時 1 になるようにした PSF の r 依存性を表している。PSF のピークが鋭いもの、EEF の立ち上がりが鋭いものほど結像性能が良いといえるが、これを定量的に表すために HPD を用いている。図 3.7 の場合では、EEF が 0.97 分角の時に全光量の 50%になっているので、HPD はその 2 倍の 1.94 分角となる。

図 3.7: PSF、EEF、HPD の関係。ps ファイルが壊れているので作り直し。

3.3.2 集光力 (有効面積)

X 線望遠鏡の集光力は、光軸方向から見た反射面の面積（開口面積）に、反射率を掛けた有効面積と呼ばれる量で表す。有効面積 S_{eff} は次の式で定義される。

$$S_{eff}(E) = \int S(\theta) R^2(\theta, E) \quad (3.2)$$

ここで、 $S(\theta)$ は一段目の反射鏡に入射角が $\theta \sim \theta + d\theta$ の間にある開口面積で、 $R(\theta, E)$ は入射角 θ 、エネルギー E の時の鏡面の反射率である。反射は一段目と二段目でそれぞれ入射角 θ の 2 回反射となるため、 $R^2(\theta, E)$ となっている。ここで、有効面積を増大させるためには、光学望遠鏡の様に焦点距離を一定にして口径を大きくしただけでは、外側ほど反射鏡への入射角が大きくなるので、反射率が落ち実質的な光量の増加は望めない。つまり、焦点距離を一定にした場合、臨界角を越えるほど口径を大きくすれば、それ以上口径を大きくしても有効面積が増えることはない。そこで、望遠鏡の口径とともに重要となるのが口径内に占める反射面の割合（開口効率）である。開口効率を上げるためには、鏡面基板の厚さをできるだけ薄くし、積層枚数を上げればよい。最後に様々な衛星の有効面積の比較を図 3.8 に示す。

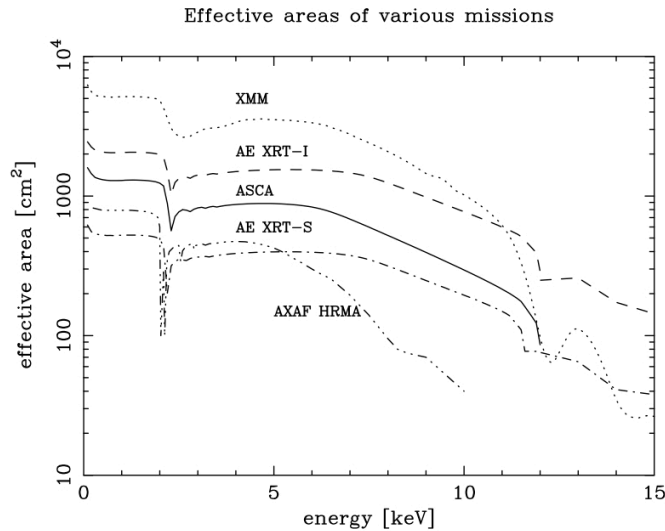


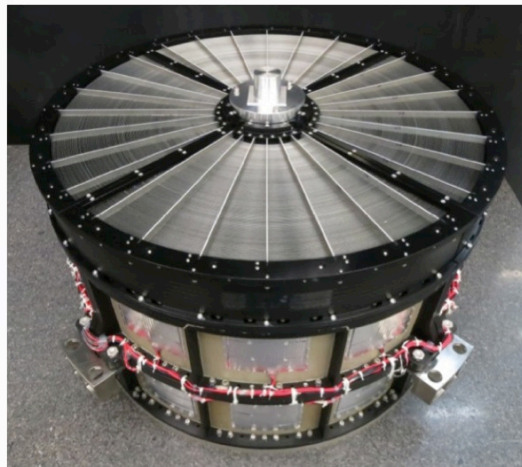
図 3.8: 様々な衛星に搭載される X 線望遠鏡の有効面積。(XRT-S は望遠鏡 1 台の有効面積、その他は mission 全体の有効面積である。) – AE は ASTRO-E の略である。

3.4 ASTRO-H 搭載軟 X 線望遠鏡 (SXT)

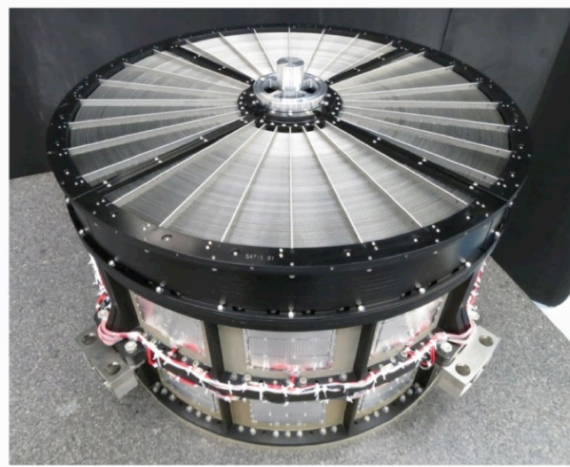
3.4.1 SXT の概要

ASTRO-H において 0.3-12 keV のエネルギー帯の撮像を担うのが 2 台の軟 X 線望遠鏡 (Soft X-ray Telescope : SXT)(図 3.9) である。光学系は Wolter-I 型斜入射光学系であり、すざく搭載されている X 線望遠鏡 (XRT) と同様、軽量ながらも大きな有効面積を誇る多重薄板型を採用している。

SXT は Quadrant と呼ばれる望遠鏡を 4 分割した状態で製作され、SXT-1 は Q1~Q4、SXT-2 は Q5~Q8 で組み上げられ構成されている。それぞれの Quadrant には X 線の反射率が高く安定した金属である金が蒸着された反射鏡を、203 層にも積層させ有効面積を稼いでいる。また Wolter-I 型を円錐近似させた光学系であるので、反射鏡を治めた Primary と Secondary と上下に分かれており、この上に迷光防止のプリコリメータを設置している。SXT は XRT と比べ大型化し、焦点距離が大きくなることで高エネルギー側の有効面積が向上しており、XRT 一台の有効面積の 1.5 倍程度に増加している。結像性能は XRT が 2 分角程度だったのに対し、4.5 keV で SXT-1 が 1.3 分角、SXT-2 が 1.2 分角と高い性能が地上較正試験によって確認されている。



SXT-I



SXT-S

図 3.9: ASTRO-H 搭載 軟 X 線望遠鏡 (SXT)

口径	450 mm
焦点距離	5600 mm
反射鏡積層数	203 枚
反射膜	Au
反射鏡の高さ	101.6 mm
反射鏡基盤の厚さ	~ 79 枚目 $165 \mu\text{m}$ ~ 153 枚目 $241 \mu\text{m}$ ~ 203 枚目 $318 \mu\text{m}$
入射角	$0.15 \sim 0.59^\circ$
要求される有効面積	$450 \text{ cm}^2 @ 1 \text{ keV}$ $390 \text{ cm}^2 @ 6 \text{ keV}$
要求される空間分解能 (HPD)	1.7 分角

表 3.1: SXT の設計パラメータ

3.4.2 地上較正試験とその結果

SXT の地上較正試験は宇宙科学研究所 30m ビームラインを用いて、2014 年 4 月より開始され、2015 年 7 月に終了した。30 m ビームラインではビームサイズ $2 \times 2 \text{ mm}$ の時、15 秒角程度の平行な X 線ビームを照射できる。全面に X 線を照射することはできないので、望遠鏡と検出器を同期して動かしながら全面に走査させるラスタースキャンを用いて測定を行った。この方法により全面に X 線を照射するのと等しい結果が得られる。On axis での有効面積、結像性能を図 3.10 にまとめている。さらなる詳細は、測定に用いたビームラインに関しては市川修論 2013[11]、SXT-I の測定結果は富川修論 2014[12]、そして SXT-S の結果と応答関数構築に向けた評価をまとめたものが佐藤修論 2015[13] に掲載されている。

3.4.3 応答関数

天体観測の時に得られる観測データには必ず、天体の情報以外に観測機器の応答が畳み込まれている。そのままでは天体の情報を解釈することはできないため、実際に観測データの解析をする際、観測機器の応答を仮定して天体の真の情報を得る。この観測機器の応答を仮定に用いる関数を応答関数と呼ぶ。検出器であれば検出感度、分光性能、望遠鏡ならば集光力（有効面積）が応答関数となる。ただし地上での較正試験では望遠鏡の性能は離散的なエネルギーでしか測定できず、そのままでは応答関数を構築するには不十分なデータである。そのため、測定結果を再現できるような望遠鏡の物理シミュレータを用いて、応答関数を計算させている。

望遠鏡の応答関数構築に使用している物理シミュレータとして Ray-Tracing がある。これはモンテカルロシミュレーションによって、望遠鏡による X 線の集光を再現させる方法である。実際に使用するのは、NASA で開発された xraytracet と呼ばれるシミュレーションプログラムである。このシミュレータに反射率や透過率を計算させるための原子データ、光学定数データ、仮定の望遠鏡を生み出すための反射鏡のフォイルパラメータ、障害物パラメータ、反射プロ

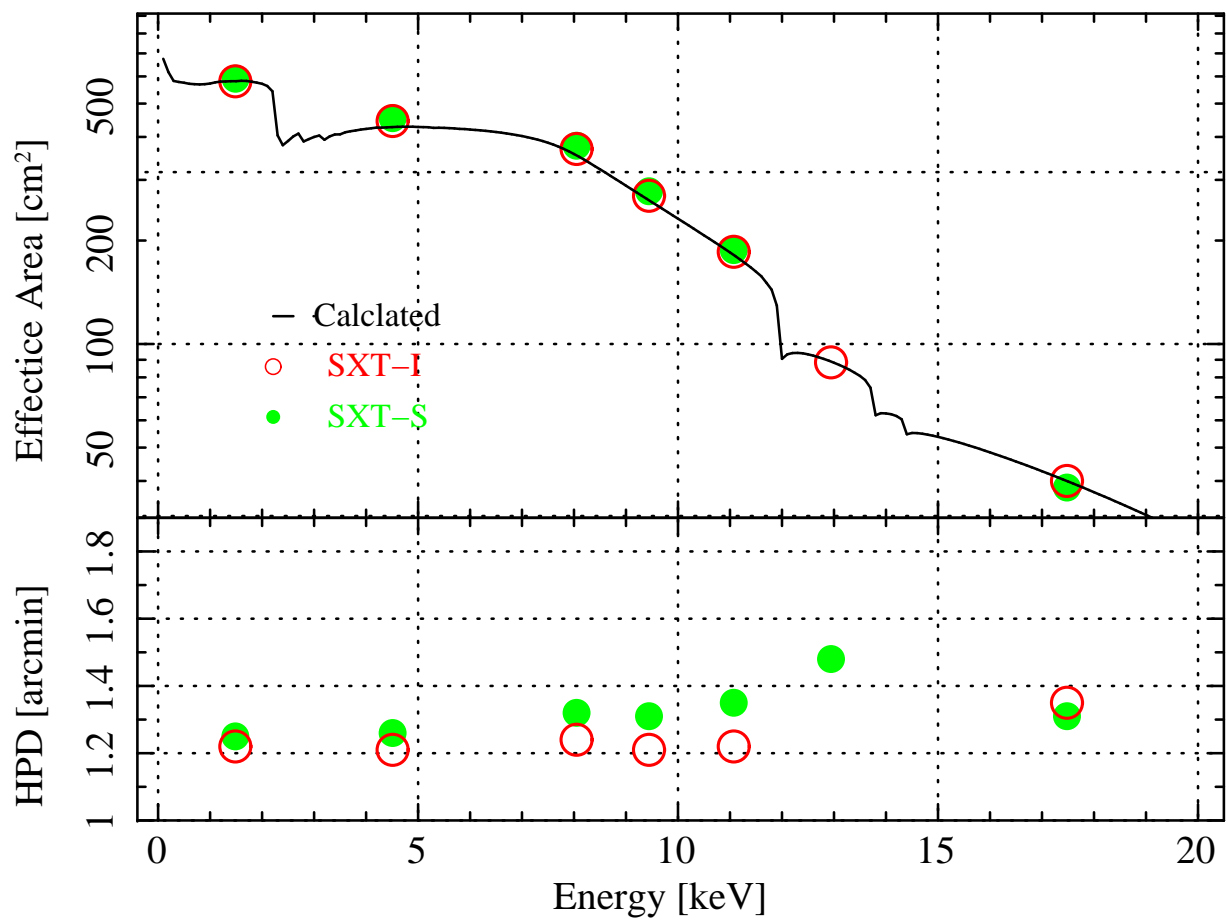


図 3.10: SXT の on axis での性能。上段：有効面積、下段：結像性能 (HPD)

ファイルのデータなどの望遠鏡記述ファイルが読み込まれ、応答関数を計算させる。地上較正試験の局所的な望遠鏡の光学特性から、フォイルの設計値からのズレや傾きなどを求め、フォイルパラメータの修正を行ってきた。また、反射鏡、反射鏡裏、プリコリメータのブレードなどの散乱光の実測から、反射プロファイルの修正も行った。

本研究では、さらに SXS の分光力に対応できる光学定数データの修正を行うことが目的としている。

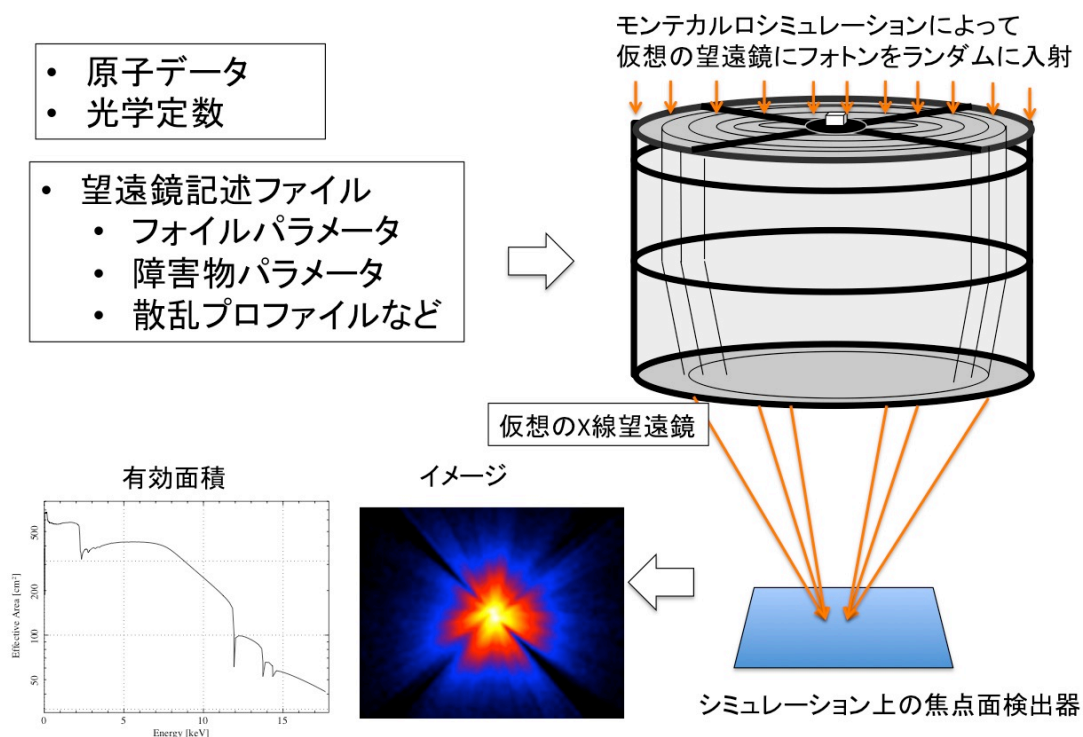


図 3.11: Raytracing を用いた SXT の応答関数構築の概念図

第4章 測定システム：SPring-8 BL01B1

望遠鏡用反射鏡の反射率のエネルギー依存性を高い精度で調べるには、高輝度で、幅広いエネルギーバンドのX線を、高いエネルギー分光力を用いて測定できるビームラインを使用しなければならない。宇宙研の30 mのビームラインでは、特性X線のみしか効率よく照射することができない。反射率のエネルギー依存性を調べるには全く性能不足である。そのため、本研究における実験、測定はSPring-8 BL01B1を用いて行った。

本章では、測定に使用したSPring-8、BL01B1、測定機器の説明を行う。

4.1 SPring-8

SPring-8は1997年に兵庫県、播磨科学公園都市で運用が始まった大型放射光施設である。線形加速器、シンクロトロン、蓄積リングによって構成されている。線形加速器で1 GeV程度まで電子を加速させ、シンクロトロン加速器でさらに8 GeVまで加速させる。蓄積リングに8 GeVの電子を照射させ、その中でエネルギーを保たせる(この8 GeVという数はSPring-8の8の所以である)。そのリング内に蓄積されている電子のシンクロトロン放射を利用することで高輝度で、指向性の高いX線を生成させている。数eV~100 keV程度のX線の生成ができ、さらにはビームラインによっては赤外、軟 γ 線の照射も可能である。62本のビームラインで、物性物理、分子化学、生物化学、素材開発、科学捜査などあらゆる科学、産業分野での利用がなされている。



図 4.1: 左写真は SPring-8 全景。右図は線形加速器と蓄積リングの概略図

4.2 BL01B1

本研究において使用した BL01B1 ビームラインの説明を行う。

4.2.1 ビームライン概要

BL01B1 は 3.8-113 keV の広いエネルギー領域で汎用的な XAFS 測定ができるビームラインである。蓄積リングから照射される X 線を、Si 結晶の分光器によって、高輝度で単色化されたビームを照射できる。透過法 XAFS、蛍光法 XAFS、斜入射 XAFS などの様々な XAFS 測定に用いる機器が使用できる。本研究では斜入射 XAFS の方法を用いた測定を行った。そのためのイオンチェンバー、 -2 ステージなども利用できる。

表に BL01B1 の概要をまとめる。

研究分野	希薄・薄膜試料の XAFS
光源	偏向電磁石
エネルギー帯域	3.8 113 keV
エネルギー分解能	$E/E = 3 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$
フォトンフラックス	$10^9 - 10^{11}$ photon/s
測定装置	クライオスタット、電気炉、19 素子 Ge 検出器、CEY 検出器、 -2 ステージ

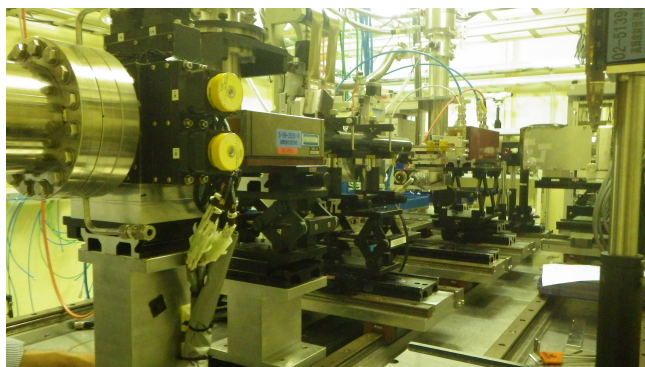


図 4.2: BL01B1 実験ハッチ内と、実験コントロール機器の写真

4.2.2 輸送系光学素子

BL01B1 では実験ハッチにビームが到達するまで、X 線を輸送する反射鏡、分光器を輸送系光学素子と呼んでいる。この光学素子は、X 線入射側から第一ミラー、分光器、第二ミラーで構成されている。分光器で分光されても、BL01B1 で使用する X 線帯域は広いため、その 2 倍、

3倍の高エネルギーのX線が含まれる。第二ミラーを使用して、高エネルギーX線の反射率の低さを利用して、取り除いている。また、分光器の第一結晶の角度を微調整するピエゾアクチュエーターがある。各測定において、このアクチュエーターによって結晶同士の平行度を微調整することで、X線強度の高い条件にすることができる。

輸送系光学素子の概念図を載せる。また、輸送系光学素子の概要も表でまとめる。

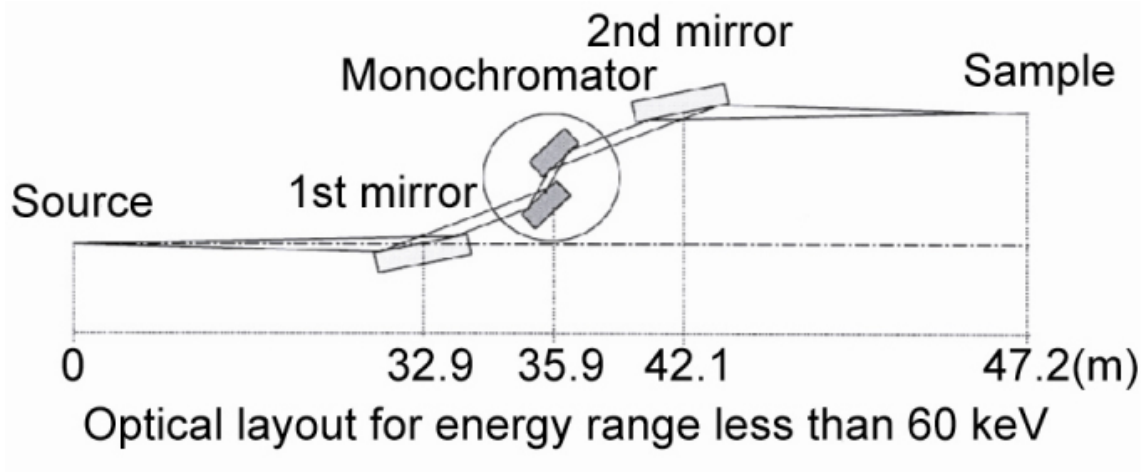


図 4.3: BL01B1 輸送系光学素子の概念図

表 4.1: 第一ミラー、第二ミラー概要

	第一ミラー	第二ミラー
設置位置	光源から 32.9(m) 分光器の上流	光源から 35.9 (m) 分光器の下流
機能	高調波除去 上下方向の平行光化によるエネルギー高分解能化	高調波除去 試料位置での上下方向の集光
調整機構	鉛直方向上はね型 クランプ回転式円筒面曲げ機構（トヤマ製）	
ミラー概要		
母材	Si 単結晶	SiO2
サイズ	1000(L)90(W)50(D)(mm)	1000(L)100(W)50(D)(mm)
コート	Rh コート	Rh コート
表面粗さ	3() (rms)	3() (rms)
面精度	3(μ rad) (rms)	3(μ rad) (rms)

表 4.2: 分光器概要

	二結晶分光器
設置位置	光源から 35.9 (m)
動作機構	定位置出射二結晶分光器 、 傾斜角可変型
結晶面	Si(111)、Si(311)、Si(511)
冷却	第一結晶：フィン型直接水冷却 第二結晶：間接水冷却 結晶冷却水温度 ~20 ()
エネルギー範囲	
Si(111)	4.5~36(keV)
Si(311)	8.6~70(keV)
Si(511)	13.5~110(keV)
エネルギー分解能	
Si(111)	$\Delta E/E \sim 2 \times 10^{-4}$
Si(311)	$\Delta E/E \sim 6 \times 10^{-5}$
Si(511)	$\Delta E/E \sim 3 \times 10^{-5}$

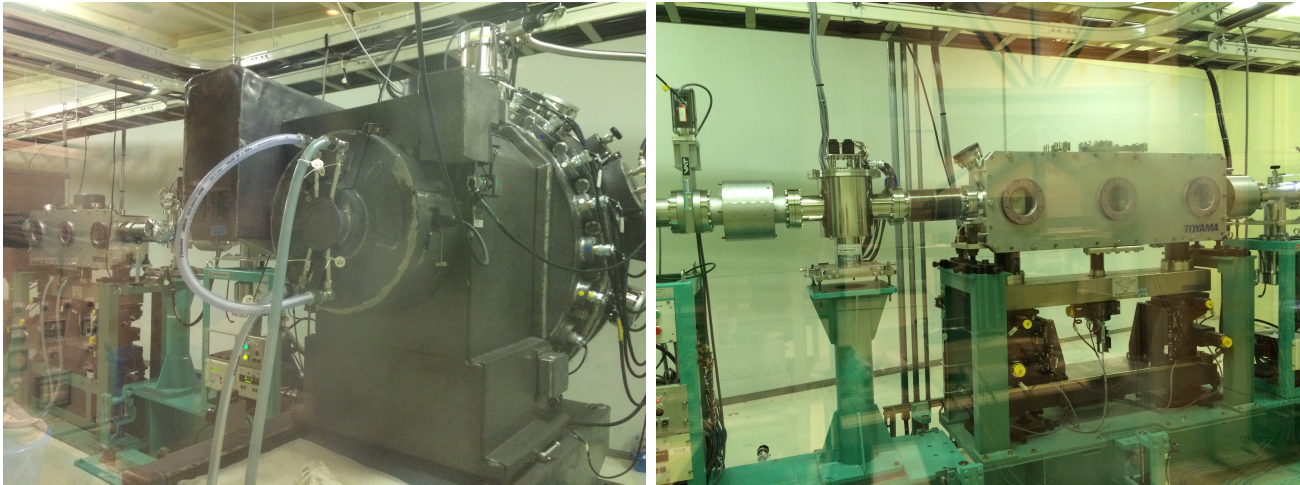


図 4.4: 輸送系光学素子内の写真。左図：二結晶分光器外観、右図：第二ミラー外観

4.2.3 -2 ステージ

本研究の反射率測定には、反射鏡を X 線に対して傾け、入射角を制御するために -2 ステージを使用した。宇宙研のビームラインと違い、水平方向ではなく、垂直方向に ステージが回る構造になっている。ステージにサンプルミラー、2 ステージに検出器、検出器スリットなどを乗せる。最小送り各は が $0.005 \text{ arcsec/pulse}$ 、2 が 0.002 deg/pulse である。今回の測定では送り角は : 5000 pulse/deg 、2 : -2500 pulse/deg とした。さらに ステージ上にサンプルを垂直方向に移動させる z ステージも付いている。この z ステージによって、サンプルの回転中心を制御することもできる。

図 4.5 に -2 ステージの概念図、図 4.6 に -2 ステージも含めた測定機器の写真を載せる。

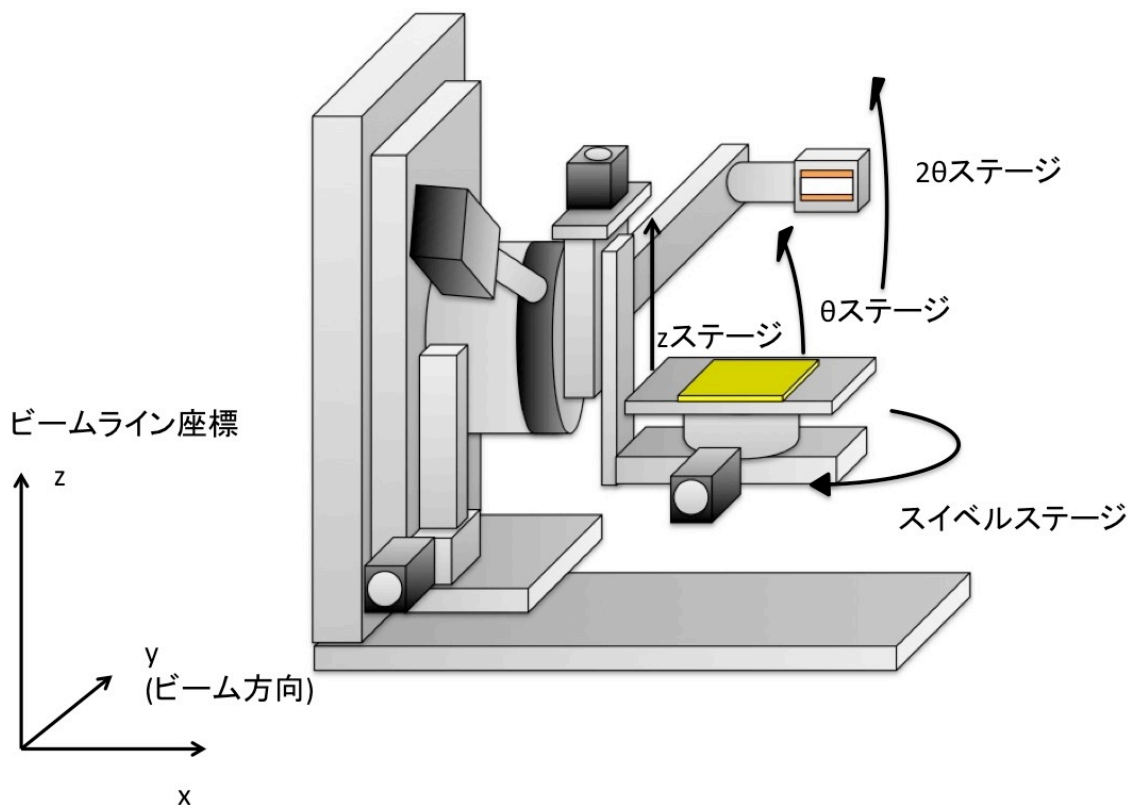


図 4.5: -2 ステージ、概念図。

4.2.4 検出器

本研究の反射率測定には入射光、反射光測定用にどちらもイオンチェンバーを使用した。入射側のイオンチェンバーを I_0 、透過光、反射光側のイオンチェンバーを I_1 と呼んでいる。それぞれガスフロー型のガス検出器で、Ar、N₂、He、Krなどのガスを自由に混合して使用できる。 I_0 はできるだけ X 線を透過させたいので、検出率は 10 ~ 30 % に設定する。 I_1 は 80 ~ 90 % に設定する。

イオンチェンバーでは中のガスが光子を吸収し電離して、高圧電極間に生じた電流を読み取って計測する。比例計数管が電子なだれによる増幅を利用していると比べて、微小電流値を読み取る技術のみで非常に簡略化されている。ただし一般的には光子カウンティングや分光性能は発揮できない。イオンチェンバーで計測された電流はイオンチェンバー 電流アンプ ローパスフィルター VF コンバーター カウンターという順番で処理され、カウント数として読み出される。本研究の測定では I_1 イオンチェンバーの電流アンプの増幅率 (Gain) を反射光、透過光の強度によって 10^8 、 10^9 、 10^{10} を使用している。

使用した両イオンチェンバーの概要をまとめる。

表 4.3: BL01B1 で使用される検出器

-イオンチェンバー-		
イオンチェンバー名	I_0	I_1
製品名	応用光研 S-1194A	応用光研 S-1196A
ケース長	170 mm	310 mm
電極長	140 mm	280 mm
電極間距離	10 mm	10 mm
耐電圧	2000 V	2000 V
-計測装置-		
電流アンプ	Keithley Current Amplifier 428 増幅率 (Gain) : $10^3 \sim 10^{11}$ (V/A)	
Dual ローパスフィルター	NF 回路設計 Dual channel programable filter 3625	
Dual VF コンバーター	SEIKO EG&Q DS-VFC2 変換率 : 10^6 (Hz)/10(V)	
カウンター	ORTEC Quad Counter/Timer 974	

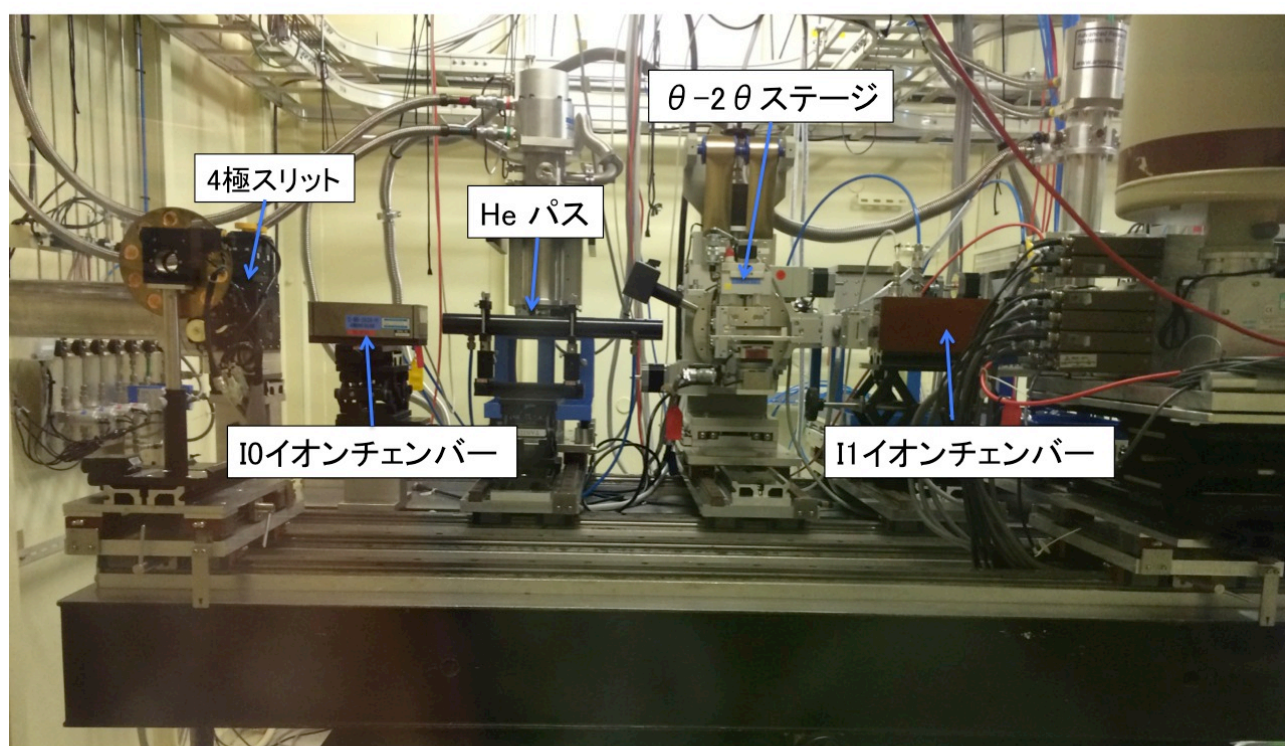


図 4.6: BL01B1 で使用される測定機器

第5章 SPring8 BL01B1におけるAu L 吸収端付近の測定

本章では、2014年10月6-10日にかけてSpring-8 BL01B1行われたSXT用反射鏡のAu-L 吸収端付近の詳細な反射率測定の詳細な説明を行う。

5.1 測定目的

SXTのうちSXT-SはSXSと組み合わせられて、ASTRO-Hに搭載される。このSXSは $\Delta E < 7$ eVというエネルギー分解能を誇り、その観測データを用いて天体スペクトルを解析するには、より高精細な有効面積の応答関数が必要となる。特にSXSの検出域では、Au-L(11-15 keV)、M(2-4 keV)、N(0.5 -0.8 keV) 吸収端が存在する。吸収端の反射率の構造は複雑であり、これを考慮し正確に応答関数を構築しなければならない。今までは、この吸収構造は原子散乱因子のデータベースとしてHenke 1993などを用いてきた。

しかしながら、今まで参照としてきたHenke 1993は、エネルギーピッチが粗いデータベースであった。Au-M 吸収端付近では ~ 30 eV ピッチ、Au-L 吸収端付近では ~ 100 eV ピッチと、SXSのエネルギー分解能に到底及ばないデータベースである。また、そのエネルギーピッチであると、吸収端の構造を正確に把握しきれていないと考えられる。Au-M 吸収端付近は実測のXAFSを考慮したデータベースになっているが、Au-L 吸収端は、吸収端のエネルギーの前後まで補完関数で仮定されており、全くXAFSを考慮していない。吸収端での反射率の大きさは、この仮定によって大きく変わってしまうため、応答関数構築において実測に基づきXAFSなどを考慮した原子散乱因子のデータベースが必要となる。

以上より、SXSに対応できる有効面積の応答関数構築において吸収端付近の反射率構造の把握と、より詳細な原子散乱因子のデータベースが必要となる。本研究ではAu-L 吸収端に着目し、SPring-8で詳細な反射率測定を行い、そのエネルギー帯での原子散乱因子の導出を目的とした。このAu-L 吸収端の応答関数を正確にすることで、SXSの観測データをさらに有効的に使うことができるようになる。また、このエネルギー帯は軟X線検出器と硬X線検出器がオーバーラップする領域である。このエネルギー帯で応答関数を正確に構築できれば、軌道上での較正試験で系統誤差を抑えることもできというメリットもある。

5.2 測定項目

測定項目は3つある。

エネルギー較正

SPring8 BL01B1 では輸送系光学素子の二結晶分光器 (DCM) を用いて X 線の単色化を行っている。その DCM の角度とエネルギーの関係を較正を目的とする。較正には Cu の薄膜を用いて、Cu K 吸収端の付近の透過率測定を行い、吸収端のエネルギー (8980.48 eV) と DCM の角度を補正する。

反射率測定 (角度スキャン)

エネルギーを固定して、反射率の角度依存性を測定する。これによって、反射鏡の固有のパラメータ (表面粗さ、膜厚、密度など)、測定機器のズレ (入射角度 offset など) などを求めることができる。以下に紹介するエネルギースキャンでは角度依存の反射率データ点数に乏しいため、それらのパラメータがカップルしてしまい、求めることができない。角度スキャンで得られたパラメータを用いて、エネルギースキャンの解析を行う。

反射率測定 (エネルギースキャン)

入射角度を固定して、反射率のエネルギー依存性を測定する。反射率は吸収端付近などで、XAFS が現れたりエネルギーに依存する構造を持つ。原子散乱因子は角度反射率曲線の形を決めるので、臨界角の前後でエネルギースキャンの反射率をいくつかの入射角度で測定する。ここで得られたデータを各エネルギーごとに解析することで、細かなエネルギー依存性を持つ原子散乱因子 f_1 、 f_2 を導出することができる。

5.3 Cu K 吸収端を用いたエネルギー較正

DCM によって単色化された X 線のエネルギーは、DCM の角度によって決まる。DCM の角度と X 線の波長 λ との関係はブラッグ反射条件を満たす式 5.1 と表される。

$$2d \sin \theta_{DCM} = n\lambda \quad (5.1)$$

となる。d は Si(311) 面を使用する場合、 $d = 1.63747 \text{ \AA}$ である。また、単色化したいエネルギーは基本的に $n = 1$ になるように設定する。しかし、この DCM の角度 θ_{DCM} が必ずしも正しいわけではない。DCM の角度はエンコーダにより計測されているが、その値がズレる可能性がある。そのため、正しい X 線のエネルギーを求めるため、DCM の角度の絶対値を決める較正を行わなければならない。その測定システム、測定方法、較正方法、そしてその結果を説明していく。

5.3.1 測定システム

Cu K 吸収端を用いたエネルギー較正には BL01B1 の透過 XAFS 法の測定機器を用いた。以下に測定システムを説明する。測定システムの詳しい諸元は、前章に説明が掲載されている。

第二ミラー

DCMの下流には高次光(エネルギーが2、3倍のX線)を除く第二ミラーには、X線の統計を多くすることができる集光ミラーを設置した。これによって露光時間を短くでき、効率の高い測定が可能である。

He パス

またさらに、 I_0 とサンプルステージの間に 39 cm の He パスを入れた。He は大気より散乱しにくいので、He をつめた管を X 線のパスに通すことで、余計な散乱を防ぐことができる。

サンプル

サンプルには $6\ \mu\text{m}$ の Cu フォイルを使用した。ホルダーにセットされたサンプル foil を透過させ、XAFS 測定を行った。サンプルの写真は図 5.2 である。

検出器

サンプルに入射する光、サンプルを透過する光を測定する検出器としてそれぞれ、長さ 17 cm、31 cm のイオンチェンバーを設置した。そのイオンチェンバーをそれぞれ、 I_0 、 I_1 と呼ぶ。詳しくは前章の表 4.3 にまとめられている。

以上が Cu K 吸収端を用いたエネルギー較正用の測定システムである。実験ハッチ内の測定システムの概略図を図 5.1 に載せる。

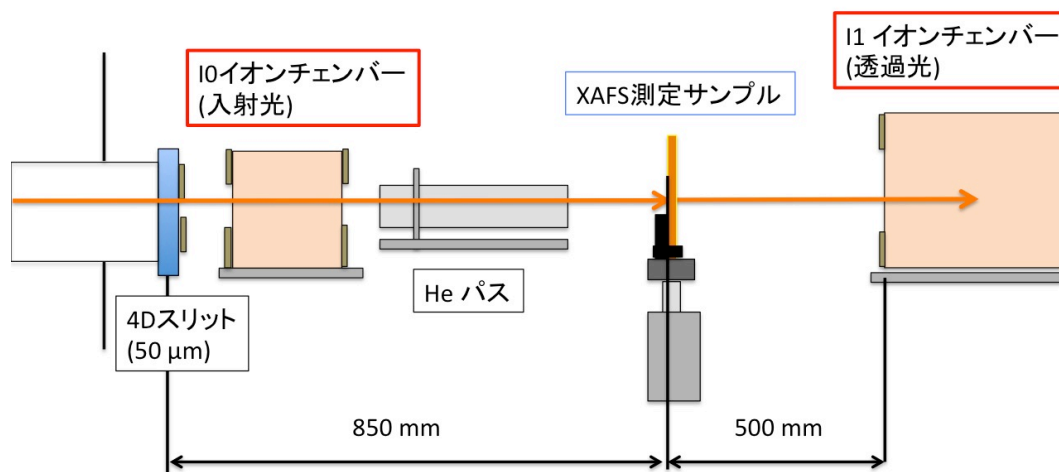


図 5.1: エネルギー較正、XAFS 用の測定システム概略図

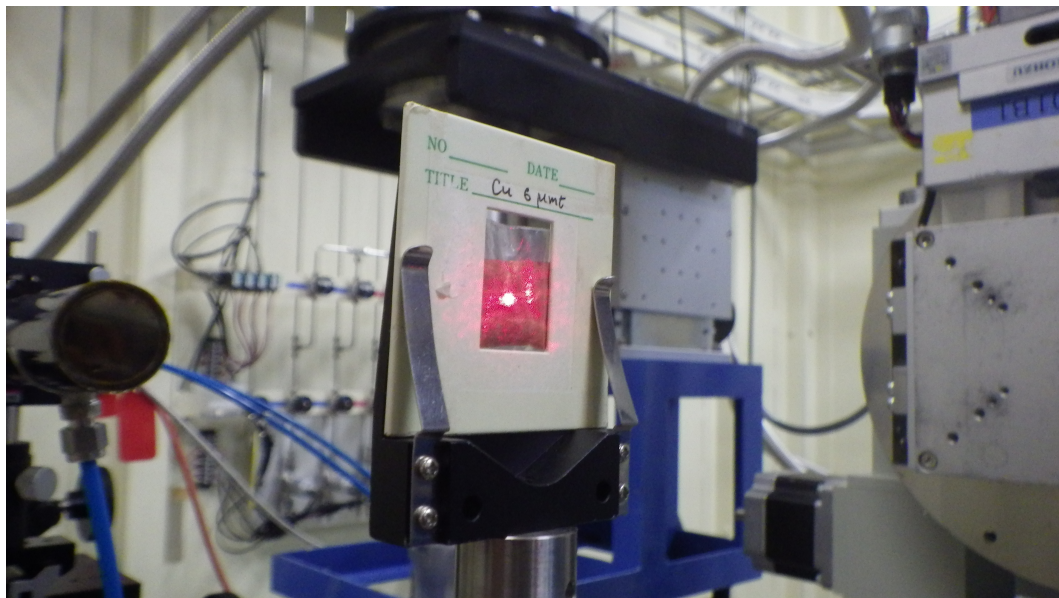


図 5.2: エネルギー較正用の厚さ 6 μm の Cu フォイル。ビームアライメント用のレーザーが当てられて、位置調整を行っている写真。

5.3.2 測定、エネルギー較正方法

エネルギー較正には Cu 薄膜 (厚さ: 6 μm) の Cu K 吸収端付近の透過 XAFS 測定と Cu K の pre-edge による較正を用いた。また、再度測定した透過 XAFS 測定の結果を用いて、より詳細にエネルギー較正の解析を行った。

実際に行った測定方法と較正方法を説明する。

1. Cu 薄膜 (6 μm) の X 線透過測定を行う。(測定 1)

そこでの、入射光を検出するイオンチェンバーでの X 線の強度を I_0 、透過光を測定するイオンチェンバーでの X 線の強度を I_1 と呼ぶ Cu 薄膜の

I_1 と I_0 の比を下記の式のように表し、

$$\frac{I_1}{I_0} = \exp(-\mu t) \quad (5.2)$$

測定ではこの μt を求める。

2. 測定で得られた μt から pre-edge の θ_{DCM} と参考文献から計算された $\theta_{DCM} = 24.93035$ ($E = 8981.5$ eV) との差を調べる。
3. DCM の角度を測定するエンコーダの値を、得られた差分補正をする。
4. 確認、詳細な解析ができるようにするため、再度 Cu 薄膜 (6 μm) の X 線透過測定を行う。(測定 2)

5. 吸収端のエネルギーの定義は、「透過曲線の変曲点」と定義されている。詳細な吸収端測定を行った Kraft 1996 [?] の Cu K 吸収端 ($E = 8980.48 \text{ eV}$ 、 $\theta_{DCM}=24.93336$) との差を調べる。
6. 5 で得られた DCM の角度の差分を、反射率測定の結果でも補正する。

表 5.1: エネルギー較正用、Cu 薄膜透過 XAFS 測定条件

	測定 1	測定 2
サンプル	Cu 薄膜 (厚さ=0.6 μm)	
DCM 結晶面	Si (311)	
結晶感覚 d	1.63747Å	
DCM 測定範囲	25.95568 ° - 24.82007 °	
DCM 測定ピッチ	(25.95568 ° - 25.02444 °) -0.018620 ° (25.02444 ° - 24.75563 °) -0.001070 ° (24.75563 ° - 24.53501 °) -0.005520 ° (24.53501 ° - 24.23288 °) -0.007550 °	
露光時間	1 sec	
検出器アンプ増幅率 (Gain)		
I_0	10^8	
I_1	10^8	

5.3.3 エネルギー較正結果 (測定 1) – pre-edge を使った較正 –

図 5.3 左が全体の測定結果で、右が pre-edge 付近を拡大した図である。吸収端の一番低エネルギー側 (大きい DCM の角度) の麓あたりに、ピークを持つ構造である pre-edge がはっきり見られる。この実験の結果から pre-edge は $\theta_{DCM} = 24.96825$ °であった。実験中に参照した Cu K の pre-edge の DCM の値は $\theta_{DCM} = 24.93035$ ($E = 8981.5 \text{ eV}$) であるので、DCM のエンコーダの値を、24.96825 °から 24.93035 °にリセットしてエネルギー較正した。

この後に測定 2 を行い、より詳細なエネルギー較正の結果を次項に載せる。

5.3.4 エネルギー較正結果 (測定 2) – より詳細な較正 –

吸収端のエネルギーは XAFS カーブの変曲点と定義されている。つまり、XAFS 測定のデータを微分し、ピークの位置が吸収端のエネルギーとなる。前項で得られた Cu 薄膜の XAFS 測定データを微分し、そのピークを調べた。ピークの位置を調べるには Lorentzian がよくあったので、フィットし中心値を求めた。図 5.4 左が全体の測定結果で、右が微分し Lorentzian をフィットした図である。その結果、実験 2 での吸収端の位置は $\theta_{DCM} = 24.93706$ °であった。参考文献 (Kraft 1996[14]) の Cu K 吸収端のエネルギー ($E = 8980.48 \text{ eV}$) から計算される DCM の角

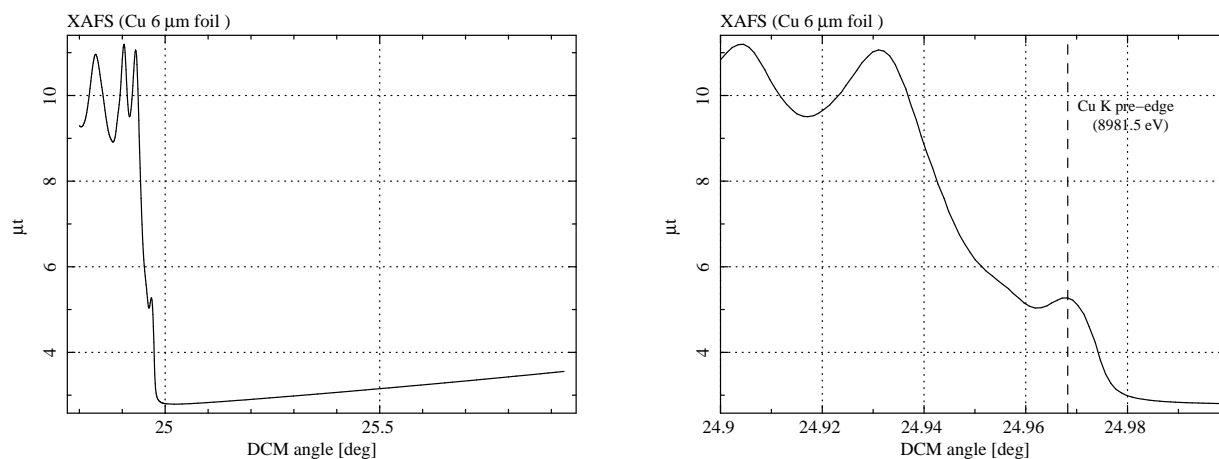


図 5.3: 左図: Cu 薄膜の XAFS 測定の結果。右図: 吸収端付近の拡大図と Cu K 吸収端の pre-edge

度は $\theta_{DCM} = 24.93336^\circ$ であり、実測の DCM の角度が -0.00370° ズれていることが分かった。これは実験中は 2- 3 eV ほどエネルギーがズれていたことになる

この結果を用いて SPring-8 で行った全ての測定結果で、DCM の角度からエネルギーに変換するときに $\Delta\theta_{DCM} = -0.00370^\circ$ だけ補正を行った。

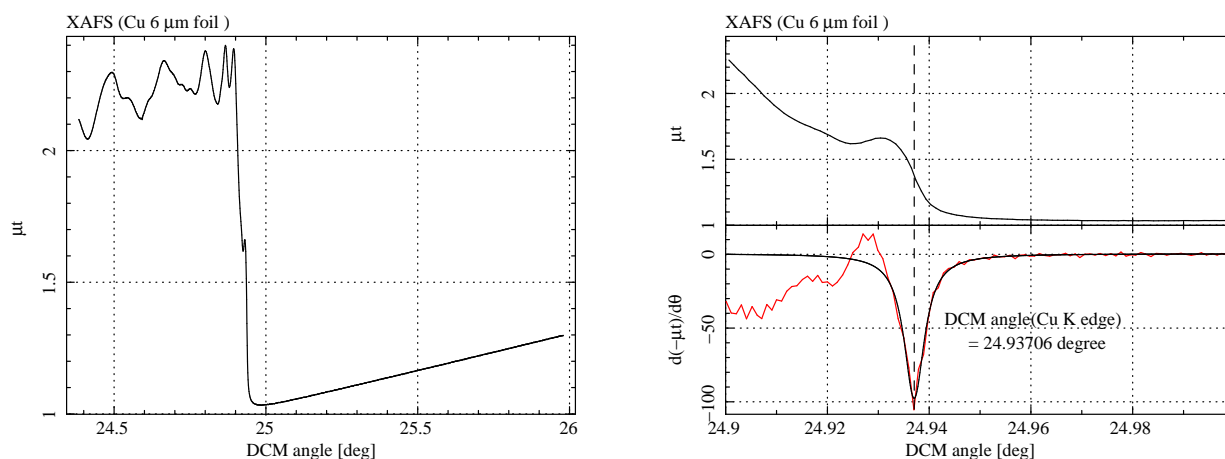


図 5.4: 左図: Cu 薄膜の XAFS 測定 2 の結果。右図: 得られた結果を微分し、極値となる値を Lorentzian でフィットして求めた。

5.4 反射率測定準備

この節では、反射率測定、角度スキャン、エネルギースキャンに共通する測定システム、サンプル、アライメントの説明を反射率測定準備として行う。

5.4.1 サンプル

反射率測定に用いたサンプルは、NASA GSFX で SXT 制作時に作られたものである。Al の基板にレプリカ法によって Au を膜厚が 2000 Å にコーティングされたミラーである。ナンバーは S100 215-21 のミラーで、曲率半径は 100 mm。SXT のミラーは周が 90 °までであるが、測定のために 45 °、半分にカットされている。この反射鏡を図 5.5 のように反射光が跳ね上がるようにサンプルホルダーに設置し、測定を行った。

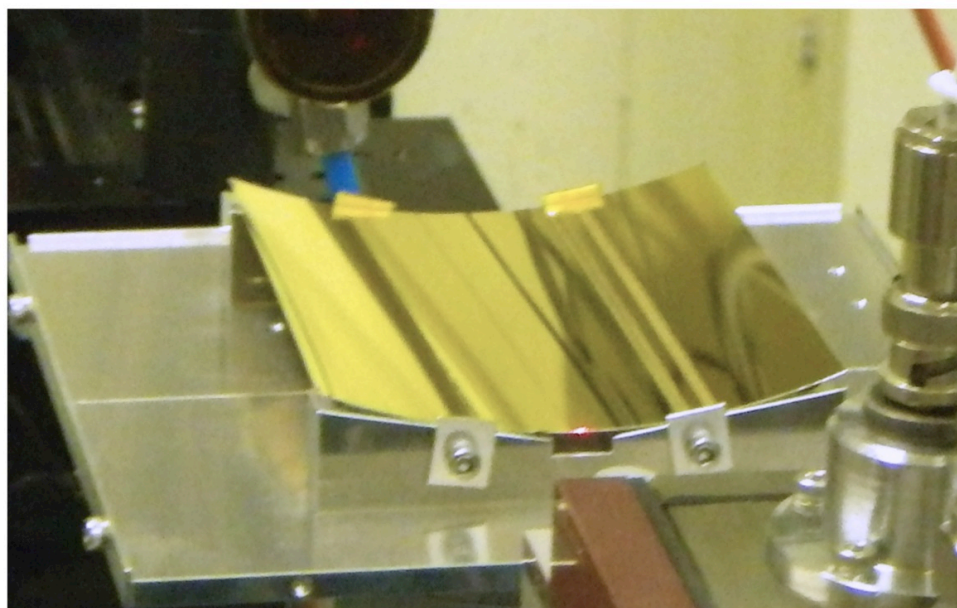


図 5.5: 反射鏡サンプル

5.4.2 測定システム

第二ミラー

DCM の下流には高次光 (エネルギーが 2、3 倍の X 線) を除く第二ミラーには、X 線の統計を多くすることができる集光ミラーを設置した。これによって効率の高い測定が可能である。ただし、1 分角程度のビームの発散も存在することに注意が必要である。

4 極スリット

ビームラインの実験ハッチ内最上流にある4極スリットはできるだけ、小さいビーム幅にするため、0.05 mm とした。

He パス

またさらに、 I_0 とサンプルステージの間に He パスを入れた。He は大気より散乱しにくいので、He をつめた管を X 線のパスに通すことで、余計な散乱を防ぐことができる。

実験用ステージ

反射率測定のために、入射角度を制御する $\theta - 2\theta$ ステージを設置した。ミラー表面を上に向くように設置するため、エレベーション方向に制御できるものを使用した。反射率の角度を制御するステージを θ ステージ、反射光を捉えるステージは反射角の2倍動かすので、 2θ ステージと呼ぶ。 θ ステージ上にはさらに、サンプルを上下方向に移動させることができる z ステージも設置させてある。これにより、X 線が確実に反射鏡に入射できるように微調整することができる。また、 2θ ステージには、イオンチェンバーなどの測定機器を設置せず、手動可動式のスリットを装着した。

検出器

サンプルに入射する光、サンプルから反射する光を測定する検出器としてそれぞれ、長さ 17 cm、31 cm のイオンチェンバーを設置した。そのイオンチェンバーをそれぞれ、 I_0 、 I_1 と呼ぶ。詳しくは前章の表 4.3 にまとめられている。最初 I_1 のイオンチェンバーは 2θ ステージ上に載せていたが、ノイズが多いことから、反射光を測定するには十分窓が広い大きなイオンチェンバーを、最下流側の定盤上に固定した。 2θ ステージ上のスリットによって、空気散乱した X 線と反射光を切り分けて測定を多なった。

以上が、反射率測定用の BL01B1 の実験条件である。実験ハッチ内の測定システムの概略図を図 5.6 に載せる。

5.4.3 サンプルアライメント

反射鏡の位置合わせ、角度補正の作業をアライメントと呼んでいる。アライメントでは θ ステージの調整と、 z ステージを動かしビームが反射鏡の中心に照射できるように調整する。反射鏡のアライメントは、カメラなどの撮像機器はないので、反射鏡などの X 線の「影」を利用する。例えば、反射鏡を動かしながら X 線ビームを隠す影を見ることで、反射鏡の X 線に対する位置を見つけることができる。この考え方を応用して、反射率測定を行うための反射鏡のアライメントを行うテクニックである。実際に行った方法について説明する。

アライメントは 14 keV で行った。

1. θ ステージ調整 反射鏡水平出し

あらかじめおおよその反射鏡の位置を求め、X 線ビーム下方にどかす。ここからサンプルの θ ステージを+と-方向にそれぞれ動かしながら、X 線強度を測定する。それぞれの方向に動かしたときの X 線強度が半分になる θ をそれぞれ求めると、その平均がサンプル θ のおおよその原点となる。実際にはサンプル $\theta = -4950$ 、 4779 pulse で強度が半分になっ

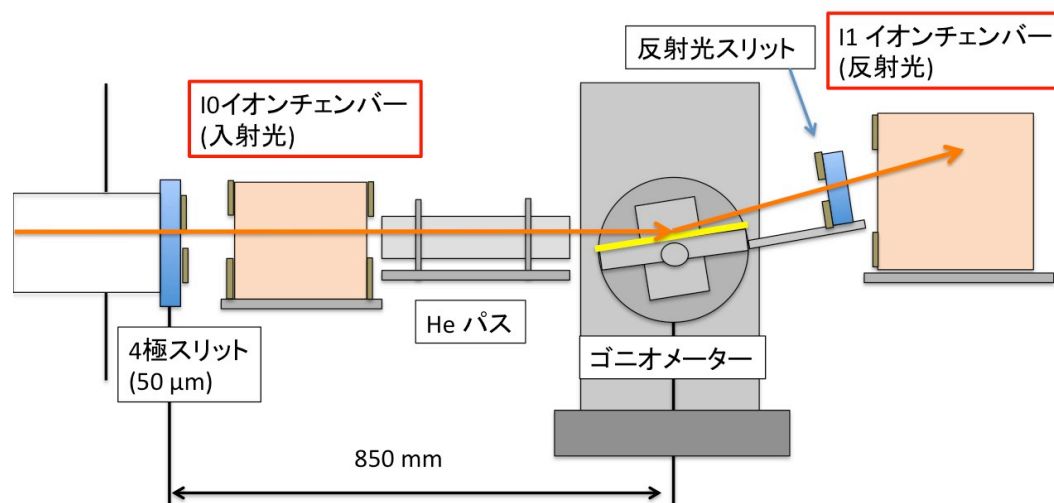


図 5.6: 反射率測定システム概略図

たので、 $\theta = -90$ がおよその原点ともなった。 $\theta = -90$ が 0 になるようにサンプル θ ステージの値をリセットした。

2. z ステージ 反射鏡位置出し

反射鏡の位置は、反射鏡が影となりビームが強度が半分になる位置を原点とした。 $\theta = 0$ の状態で、ビームが反射鏡に当たらない下方の位置まで移動させる。そこから反射鏡の位置を上方に少しずつ動かしながら、ビームの強度を測定し、強度が半分になる位置を求めた。実際には z ステージ = 268 pulse の位置で強度が半分になったので、これが 0 になるように機器をリセットした。

3. θ ステージ 反射光による角度調整

反射鏡によるサンプルの θ ステージの角度調整では、検出器前にある 2θ ステージ上の幅 1mm のスリットを用いた。 2θ ステージは予め、1mm スリットの真ん中をビームが入射するように設定しておいた。ある入射角になるようにサンプルの θ ステージを固定して、 2θ ステージのみを小角度から動かしていくと、スリットを反射光が観測される 2θ が得られる。反射光が検出器スリットの真ん中を通る 2θ を求めると、実際に反射鏡がビームに対して入射角が何度になるかが分かる。実際にはサンプル $\theta = 0.3^\circ$ 、で -4 pulse ほどズレが分かり、 $\theta = -4$ で 0 になるようにステージの値をリセットした。

4. z ステージ 反射鏡位置出し (再)

同様にビーム強度が半分になる z ステージの値を求めた。

ここまでが反射鏡のアライメントである。

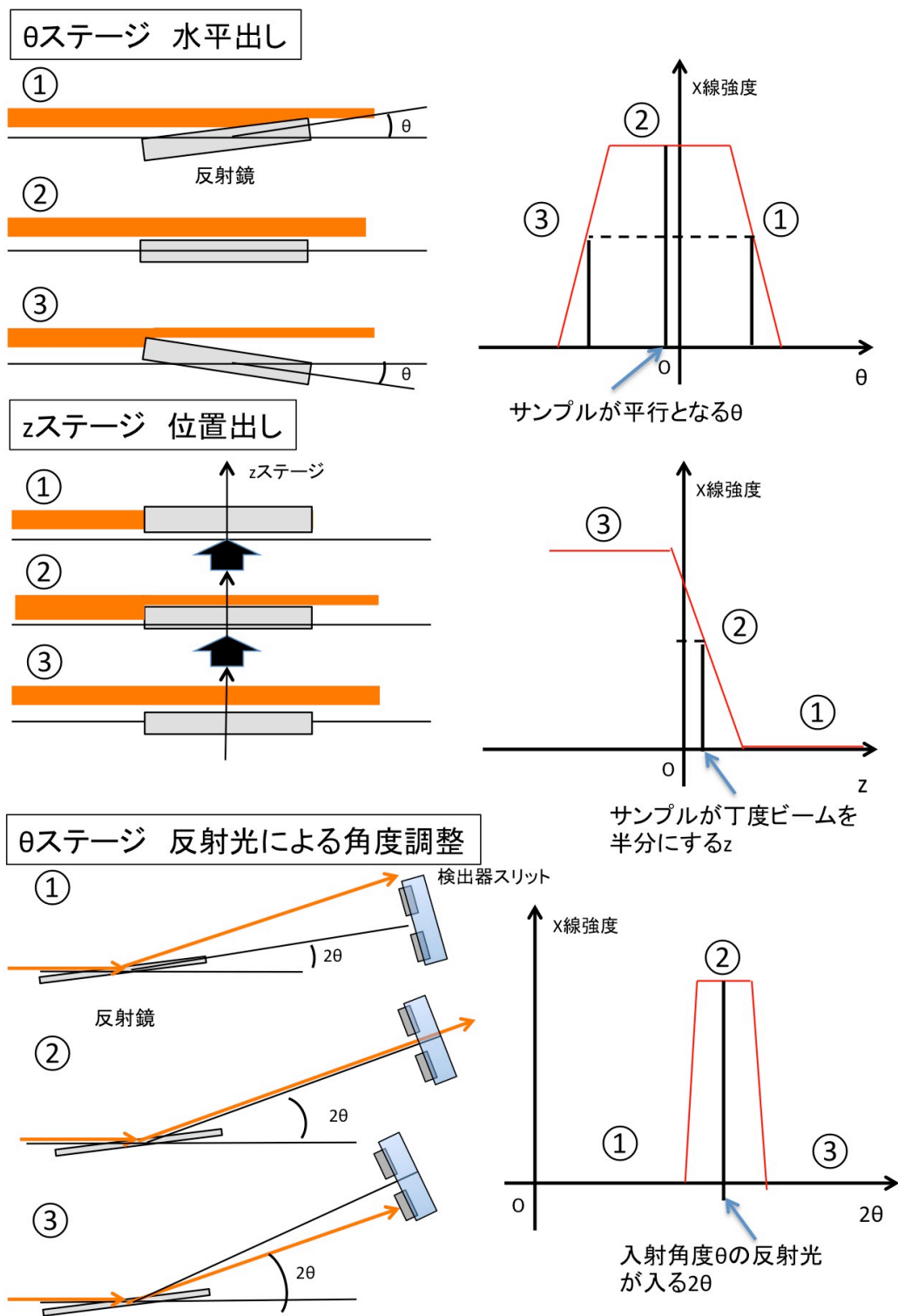


図 5.7: アライメント概念図

5.4.4 DCM 第一結晶の角度の最適化

アライメント後、反射率測定の前に、DCM の第一結晶の角度の最適化を行った。第一結晶の角度をピエゾ素子のアクチュエータによって微調整が行うことで、分光器の結晶同士の平行度を最適化することができる。そのため、この調整のことをピエゾチューニングと呼んでいる。反射率測定では X 線エネルギーを 14.5 keV にセットし、X 線ビームが最大になるピエゾ素子のアクチュエータの電圧値を求めた。以後、反射率測定ではこのアクチュエータの条件を変更させない。

この第一結晶のピエゾアクチュエータで特に注意すべきは、この調整によってビームの出る位置、角度が変わることである。BL01B1 の測定システムはこの微調整が毎回、自動で行われ、最適な XAFS 測定が行えるようになっているが、これは反射率を測る場合には毎回違う実験条件で測定を行っているに等しい。そのため、第一結晶のピエゾアクチュエータ最適化の自動システムを解除し、一つのサンプルの測定の前に一回だけ手動で行わなければならない。また、ピエゾアクチュエータの調整を行い、測定に最適な条件を得るのに、最適化するエネルギーが必ずしもエネルギースキャン真ん中ではない（ただし、BL01B1 の自動調整システムは便宜上、測定エネルギー範囲の真ん中で調整を行っている）。今回の測定では、14.5 keV で第一結晶の最適化を行い、エネルギースキャンの強度差は低エネルギー側と高エネルギー側で $\sim 10^2$ ほどであるが、より低エネルギー側で調整する場合だと一桁程度の差になる。BL01B1 でエネルギースキャンを行う場合、必ず範囲内の低エネルギー、真ん中のエネルギー、高エネルギー側のいくつかの X 線エネルギーでピエゾアクチュエータの調整を行い、最適な X 線強度を調べる必要がある。

ピエゾチューニングによる、ロッキングカーブの例

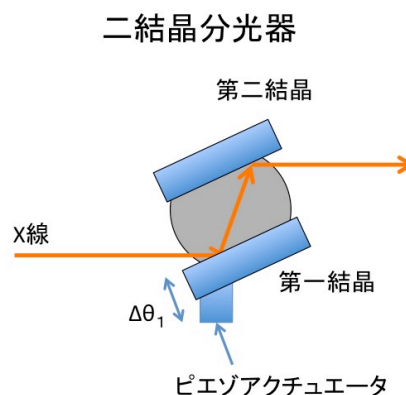
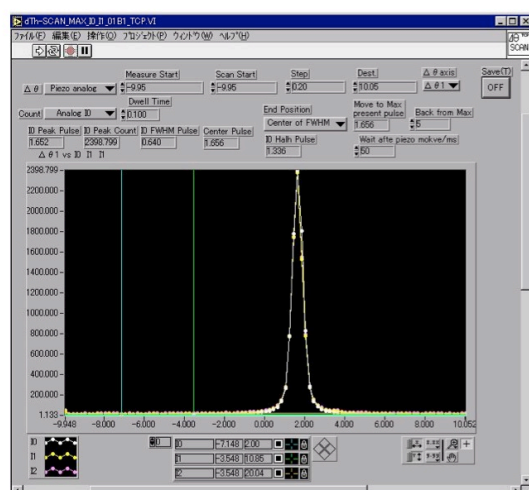


図 5.8: ピエゾチューニングによる DCM 第一結晶の最適化の概念図と、調整時のロッキングカーブの例

5.5 反射率測定 (角度スキャン)

反射率測定のうち、エネルギーを固定し反射率の細かな角度依存を調べる測定を、「角度スキャン」と呼んでいる。基本的に反射率の角度依存性を調べれば、原子散乱因子 f_1 、 f_2 を求めることができるが、それ以外にも反射鏡表面の粗さ、ステージなどの機器誤差がパラメータとして反射率に影響してくる。この後行なうエネルギースキャンでは、角度依存性を詳しく調べられないため、 f_1 、 f_2 以外のパラメータを求めるため、いくつかのエネルギーで反射率の細かな角度依存性を測定を行なった。

この角度スキャンの測定方法、測定結果をまとめる

5.5.1 測定方法

角度スキャンの測定は、「反射率測定」、「ダイレクト測定」、「散乱光測定」を行った。

反射率測定

反射率測定では、アライメント作業を完了した反射鏡にビームを当て、反射光を測定する実験を行う。測定ではゴニオメータを使い、反射鏡を設置した θ ステージを入射角度 θ 、それに対し入射光の2倍だけ 2θ ステージを動かし、反射光を検出器スリットで切り分け I_1 イオンチェンバーで測定を行う。11.2 keV から 15.4 keV のエネルギーの中の6つのエネルギーで測定を行った。ここで反射率測定で得られた I_0 イオンチェンバーでの強度を I_{0ref} 、 I_1 イオンチェンバーでの強度を I_{1ref} と呼ぶ。また、反射光の強度が弱い場合にはイオンチェンバーの電流アンプの増幅率を変更している。 I_0 の電流アンプの Gain は 10^8 、 I_1 はエネルギーによって、 10^8 、 10^9 、 10^{10} を使用した。反射率測定の電流アンプの値を g_{ref} とする。反射率を求める時には、 g_{ref} とダイレクト測定の電流アンプの Gain の比を取り補正している。

ダイレクト測定

反射率測定では、反射鏡の前後に I_0 、 I_1 というイオンチェンバーを使用している。入射光と反射光を同時に測定しているが、 I_0 、 I_1 は違うスペックのイオンチェンバーで検出感度が違うため、ただ単純に I_{1ref}/I_{0ref} では反射率が求められない。そのため反射率の測定とペアで、反射鏡にビームを当てず、 I_0 、 I_1 にダイレクトビームを当て検出感度を測定する実験を行った。これがダイレクト測定である。この測定によって得られた I_0 と I_1 の比を反射率の I_1/I_0 にかけることで、イオンチェンバー同士の検出感度の違いを相殺することができる。ここでのダイレクト測定の I_0 イオンチェンバーで測定した強度を I_{0drt} 、 I_1 イオンチェンバーでの強度を I_{1drt} と呼ぶ。 I_0 の電流アンプの Gain は 10^8 、 I_1 はエネルギーによって、 10^8 のみを使用した。

散乱光測定

測定は大気中であるので、X線の大気散乱は低角度の反射率の弱い測定では無視できない。散乱光はX線が反射鏡に入射する前に散乱したものを想定している。そのため、反射鏡をダイ

5.5 反射率測定 (角度スキャン)

レクト測定同様に、ビームが当たらないように移動させ、 θ - 2θ ステージの 2θ ステージのみを動かし、散乱の角度依存性の測定を行った。ここで得られた散乱光の強度を I_1 イオンチェンバーでの強度 I_{1scat} と呼ぶ。また、反射率測定と同様、イオンチェンバーの電流アンプの Gain を変更している。 I_0 は 10^8 、 I_1 は 10^8 、 10^9 、 10^{10} を使用し、Gain の設定は反射率測定と全く同じである。

また、それぞれの測定でバックグラウンドを測定し (BL01B1 の測定システムは必ず上流スリットを自動的に閉め、測定前に自動でバックグラウンドを測定してくれる)。各測定の条件を表 5.2 にまとめる。

以上の測定で得られた I_0 、 I_1 の結果を用いて、反射率は以下の計算して求めた。

$$R = \frac{I_{1ref} - I_{1scat}}{I_{0ref}} \frac{I_{0drt}}{I_{1drt} \times g_{ref}/10^8} \quad (5.3)$$

表 5.2: 角度スキャン、各測定条件

測定名	反射率測定	ダイレクト測定	散乱光測定
測定エネルギー	11.2、12、13、14、14.5、15.4 keV		
入射角度	$\theta = -0.4^\circ \sim 1.5^\circ$ $2\theta = -0.8^\circ \sim 3^\circ$	$\theta = 0^\circ$ $2\theta = 0^\circ$	$\theta = 0^\circ$ $2\theta = -0.8^\circ \sim 3^\circ$
入射角度ピッチ	$\theta = 0.01^\circ$ $2\theta = 0.02^\circ$	- -	- $2\theta = 0.02^\circ$
測定回数	-	10 回	-
露光時間	1 sec	1 sec	1 sec
4 極スリットサイズ		0.05 × 1 mm	
検出器ガス設定			
I_0		N ₂ 100%	
I_1		Ar 100%	
検出器アンプ増幅率 (Gain)			
I_0	10^8	10^8	10^8
I_1	10^8 (13、14、14.5、15.4 keV) 10^9 (12 keV) 10^{10} (11.2 keV)	10^8	反射率測定と同じ

5.5.2 測定結果

反射率測定、ダイレクト測定、散乱光測定で得られたそれぞれの I_0 、 I_1 の強度を式 5.3 で計算し、得られた反射率が図 5.10~5.15 である。反射率データのプロットに合わせ、Henke 1993 の原子散乱因子 f_1 、 f_2 を用いて計算した反射率曲線も比較のため黒の線で引いてある。この結果を見比べると 11.2-13 keV にかけて角度の offset があるように見える。14 keV 以上はほとんど

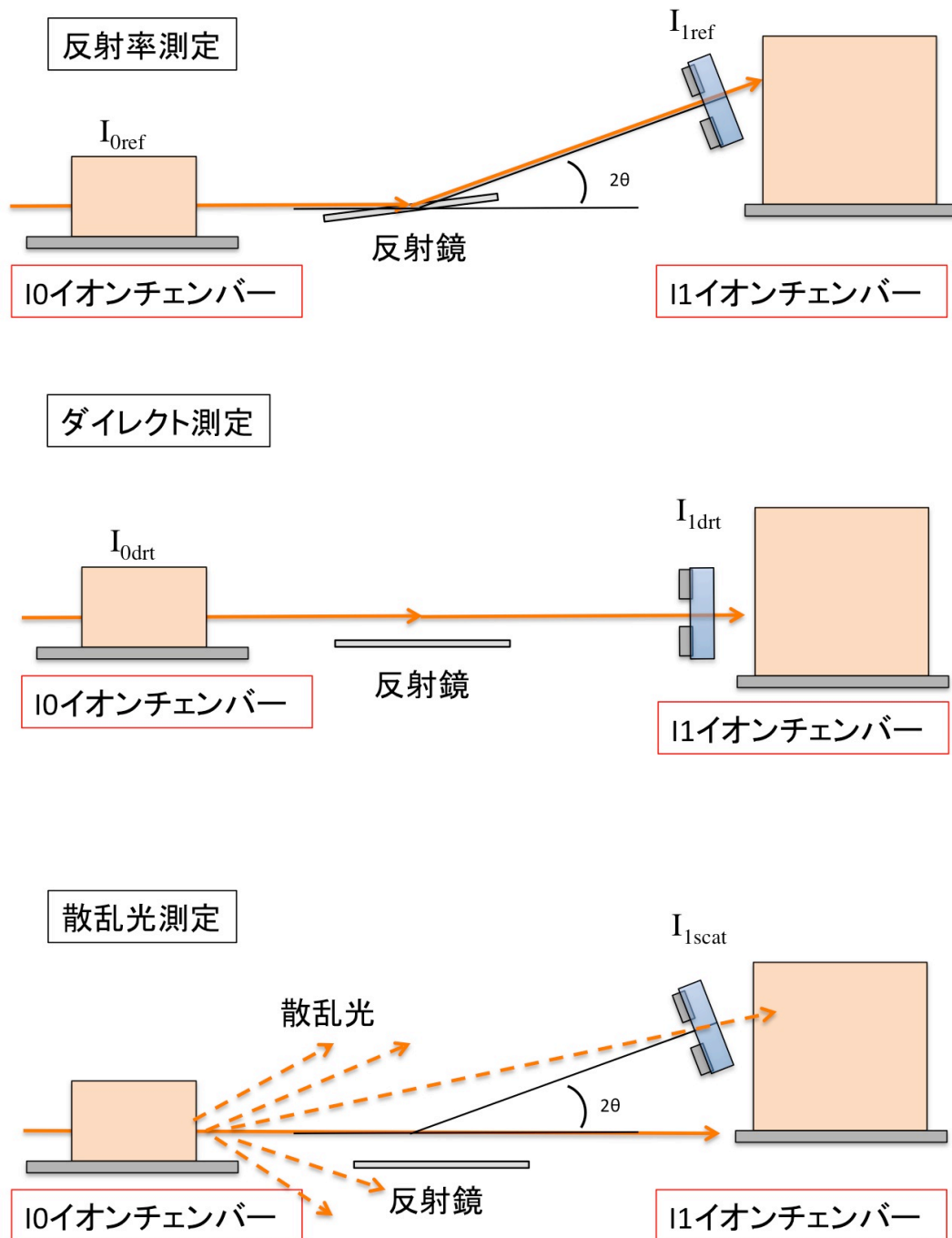


図 5.9: 反射率測定、ダイレクト測定、散乱光測定の概念図

角度のズレが見られない、角度 offset は一定ではなく、エネルギーに依存しているように思える。角度スキャンの解析の際には、入射角度に offset があり、それは一定ではなくエネルギーに依存していることを前提として考慮しなければならない。

5.5 反射率測定 (角度スキャン)

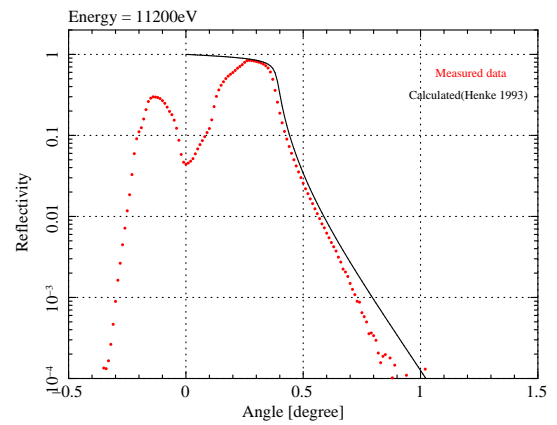
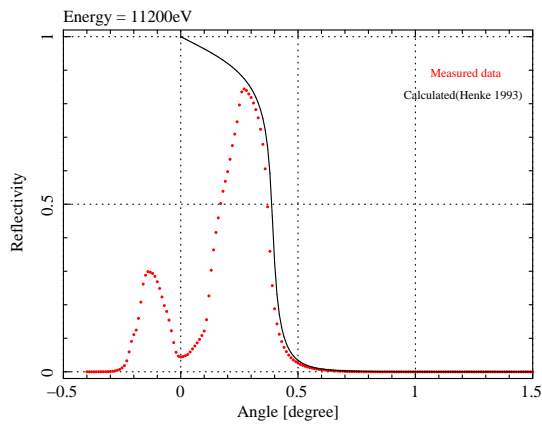


図 5.10: 反射率結果 (11200 eV) 左図 : Linear 表示、右図 : Log 表示

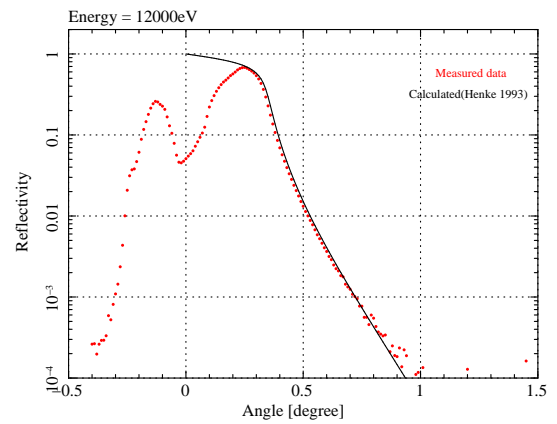
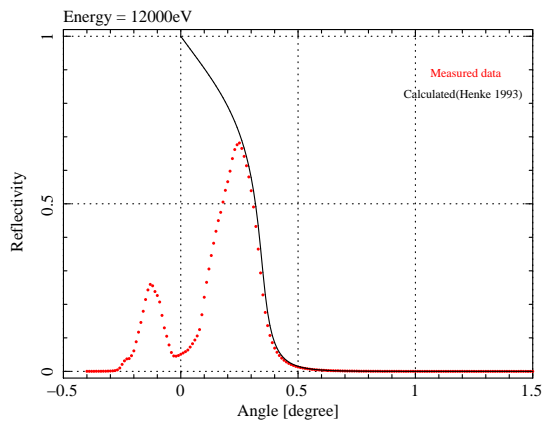


図 5.11: 反射率結果 (12000 eV) 左図 : Linear 表示、右図 : Log 表示

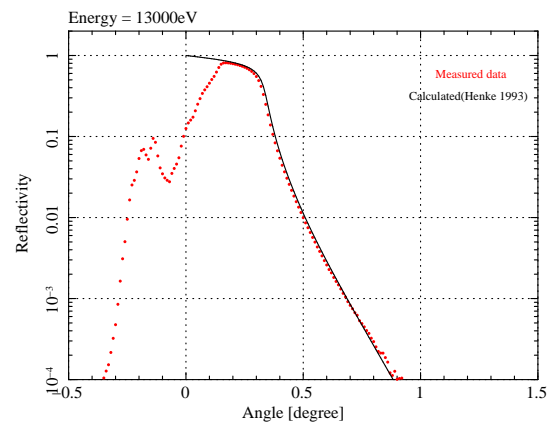
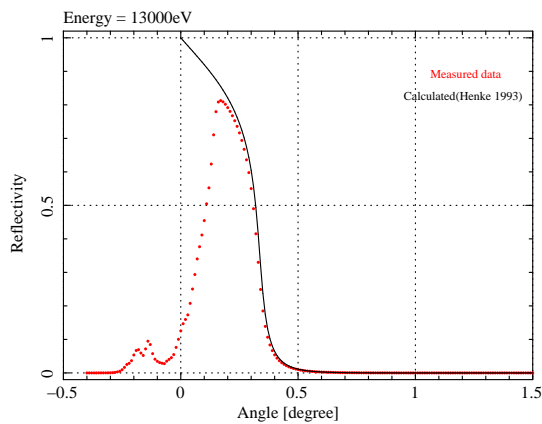


図 5.12: 反射率結果 (13000 eV) 左図 : Linear 表示、右図 : Log 表示

5.5 反射率測定 (角度スキャン)

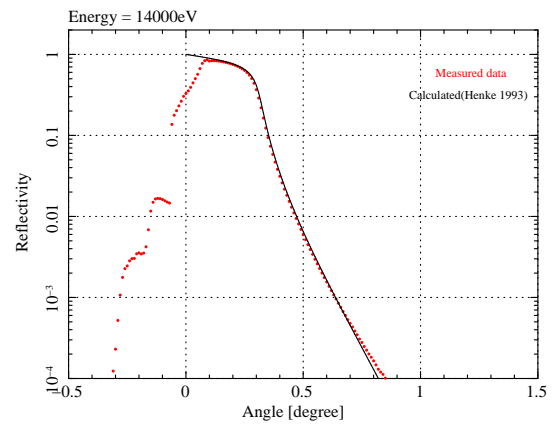
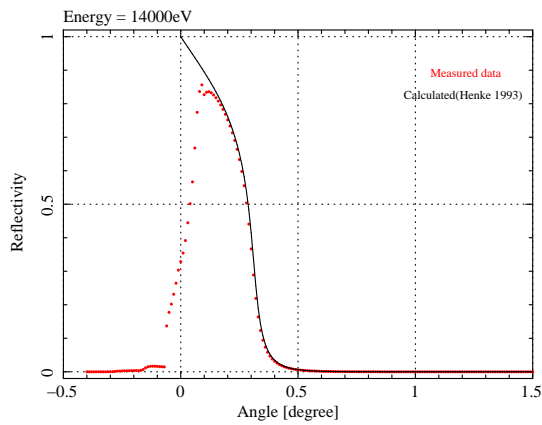


図 5.13: 反射率結果 (14000 eV) 左図 : Linear 表示、右図 : Log 表示

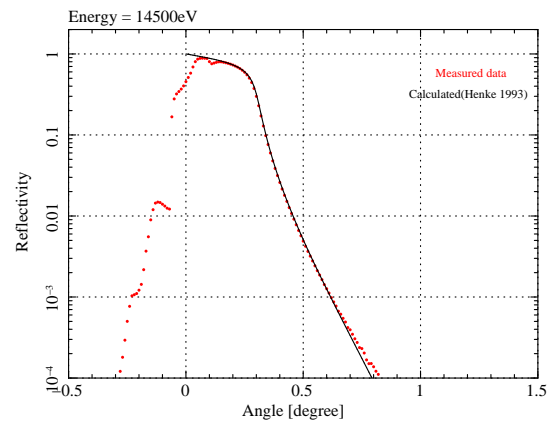
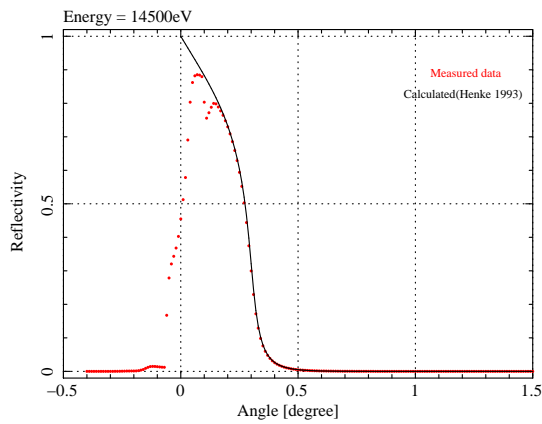


図 5.14: 反射率結果 (14500 eV) 左図 : Linear 表示、右図 : Log 表示

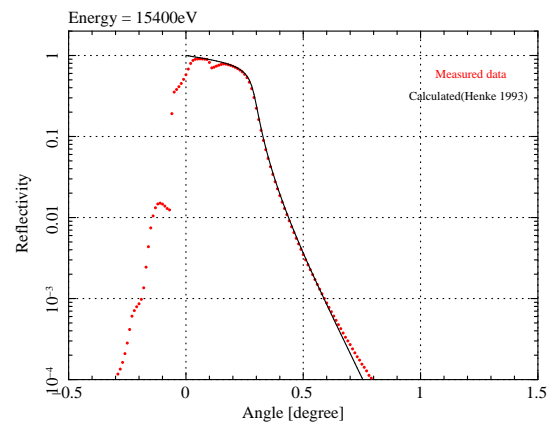
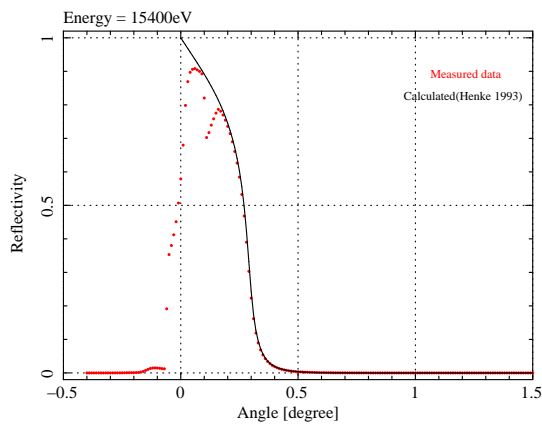


図 5.15: 反射率結果 (15400 eV) 左図 : Linear 表示、右図 : Log 表示

5.6 反射率測定 (エネルギー स्क্যান)

反射率測定のうち、角度を固定し反射率のエネルギー依存性を調べる測定を、エネルギー स्क্যানと呼んでいる。11.2-15.4 keV では Au-L₃、L₂、L₁ 吸収端が存在し、特徴的なエネルギー依存性が見られる。反射率を計算する時に用いる原子散乱因子 f_1 、 f_2 はエネルギー依存の定数であり、これが吸収構造の情報を持つ。そのため、反射率のエネルギー依存性を調べることで、反射率モデルを用いて逆算することで原子散乱因子が求めることができる。

このエネルギー स्क্যানの測定方法、測定結果をまとめる。

5.6.1 測定方法

反射率測定

反射率測定では反射鏡に X 線ビームを当て、反射光を測定する実験を行う。測定ではゴニオメータを使い、反射鏡を設置した θ ステージを入射角度 θ 、それに対し入射光の 2 倍だけ 2θ ステージを動かし、反射光を検出器スリットで切り分け I_1 で測定を行う。 θ ステージと 2θ ステージを固定し、X 線エネルギーを 11.2 - 15.4 keV まで細かいエネルギーピッチ (0.3-0.7 eV) ずつ反射光を測定する。原子散乱因子を求めるためには角度方向の依存性も調べる必要があるので、測定は臨界角 ($0.3 \sim 0.4^\circ$) の前後、 $0.1 \sim 0.8^\circ$ のいくつかの入射角に固定して測定を行った。ここで反射率測定で得られた I_0 イオンチェンバーでの強度を I_{0ref} 、 I_1 イオンチェンバーでの強度を I_{1ref} と呼ぶまた、入射角が大角度で反射光の強度が弱い場合にはイオンチェンバーの電流アンプの Gain を変更している。 I_0 の電流アンプの Gain は 10^8 、 I_1 はエネルギーによって、 10^8 、 10^9 、 10^{10} を使用した。このときの反射率測定の電流アンプの Gain を g_{ref} とする。反射率を求める時には、 g_{ref} とダイレクト測定の電流アンプの Gain の比を取り補正している。

ダイレクト測定

反射率測定では、反射鏡の前後に I_0 、 I_1 というイオンチェンバーを使用している。入射光と反射光を同時に測定しているが、 I_0 、 I_1 は違うスペックのイオンチェンバーで検出感度が違うため、ただ単純に I_{1ref}/I_{0ref} では反射率が求められない。そのため反射鏡にビームを当てず、 I_0 、 I_1 にダイレクトビームを当て各エネルギーでの検出感度を測定する実験を行った。X 線エネルギーを 11.2 - 15.4 keV まで細かいエネルギーピッチ (0.3-0.7 eV) ずつ I_0 と I_1 でダイレクト光を測定する。この測定によって得られた I_0 と I_1 の比を反射率の I_1/I_0 にかけることで、イオンチェンバー同士の検出感度の違いを相殺することができる。ここでのダイレクト測定の I_0 イオンチェンバーで測定した強度を I_{0drt} 、 I_1 イオンチェンバーでの強度を I_{1drt} と呼ぶ I_0 の電流アンプの Gain は 10^8 、 I_1 はエネルギーによって、 10^8 のみを使用した。

散乱光測定

測定は大気中であるので、X 線の大気散乱は低角度の反射率の弱い測定では無視できない。散乱光は X 線が反射鏡に入射する前に散乱したものを想定している。そのため、反射鏡をダイレクト測定同様に、ビームが当たらないように移動させ、 θ - 2θ ステージの 2θ ステージのみを動

5.6 反射率測定 (エネルギー स्कアン)

かし、散乱光のエネルギー依存性を測定した。反射率測定と同じ 2θ ステージの設定での散乱光の強度が欲しいので、 $2\theta = 0.2 \sim 1.6^\circ$ に固定し、散乱の角度依存性も測定を行った。ここで得られた散乱光の強度を I_1 イオンチェンバーでの強度 I_{1scat} と呼ぶ。また、反射率測定と同様、イオンチェンバーの電流アンプの Gain を変更している。 I_0 の電流アンプの Gain は 10^8 、 I_1 は 10^8 、 10^9 、 10^{10} を使用し、設定は反射率測定と全く同じである。

以上の測定を行い、それぞれで得られた I_0 と I_1 の強度を用いて (5.3) 式に代入し、エネルギー スキャンの反射率を得た。

表 5.3: エネルギー スキャン、各測定条件

測定名	反射率測定	ダイレクト測定	散乱光測定
測定エネルギー エネルギーピッチ	11.2 - 15.4 keV 0.3-0.7 eV(DCM の角度が一定のピッチなので、可変している)		
入射角度 [degree]	$\theta = 0.1, 0.2, 0.3, 0.33, 0.4, 0.45, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ $2\theta = 0.2, 0.4, 0.6, 0.66, 0.72, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6$	$\theta = 0$ $2\theta = 0$	$\theta = 0$ $2\theta = 0.2, 0.4, 0.6, 0.66, 0.72, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6$
測定回数	-	測定前、測定の間	-
露光時間 4 極スリットサイズ	0.08 sec	0.08 sec 0.05 × 1 mm	0.08 sec
検出器ガス設定			
I_0	N ₂ 100%		
I_1	Ar100%		
検出器アンプ増幅率 (Gain)			
I_0	10^8	10^8	10^8
I_1	$10^8(0.1 \sim 0.36^\circ)$ $10^9(0.4 \sim 0.5^\circ)$ $10^{10}(0.6 \sim 0.8^\circ)$	10^8	反射率測定と同じ

5.6.2 測定結果

エネルギー スキャンの測定結果をまとめる。まず、図 5.16~5.17 は反射率測定と散乱光測定の I_1 の結果である。バックグラウンドは引いてある。散乱光プロットの 13.5 keV 辺りに隆起したような構造がり散乱光のエネルギー依存性が確認でき、反射光が弱いところでは影響受ける可能性がある。そのため、バックグラウンドだけでなく反射光から散乱光を引くことにした。また 0.7° と 0.8° の 14 keV 以上の反射光がほぼ散乱光と同じレベルで、ほとんど反射率が測定できていない。解析の際はこの領域は使わないようにした。

また図 5.18 がエネルギーキャンの測定結果、得られた反射率プロットである。0.1-0.8 °の測定結果が色ごとにプロットし、Henke 1993 の原子散乱因子を用いて計算した反射率が黒の線である。この測定から分かったことをまとめる。また、図 5.19~5.20 に測定結果の各吸収端付近の拡大図を載せてある。

- 0.1 °は X 線ビームが反射鏡に完全に当たっておらず、反射率測定が正しく行われていない。
- 図 5.19~5.20 で吸収端付近に X 線吸収微細構造 (XAFS) による波状構造が見られる。今まで参照してきた原子散乱因子にはこの情報はないため、実測特有の現象を確認することができた。また XAFS が確認できる高い分光精度、統計での測定ができたとも言える。
- 吸収端での吸収が弱く、反射率の落ち込みの深さが小さい。差が大きい Au-L₃ 吸収端ではその落ち込みはおよそ 60% も違う。Henke 1993 と違った吸収構造が確認できた。
- XAFS が通常見られないエネルギー帯において、0.2 °、0.3 °の反射率にうねりが見える。ビームなどによるシステム上の変動のように思える。解析の際には系統誤差に注意する必要がある。

5.6 反射率測定 (エネルギースキャン)

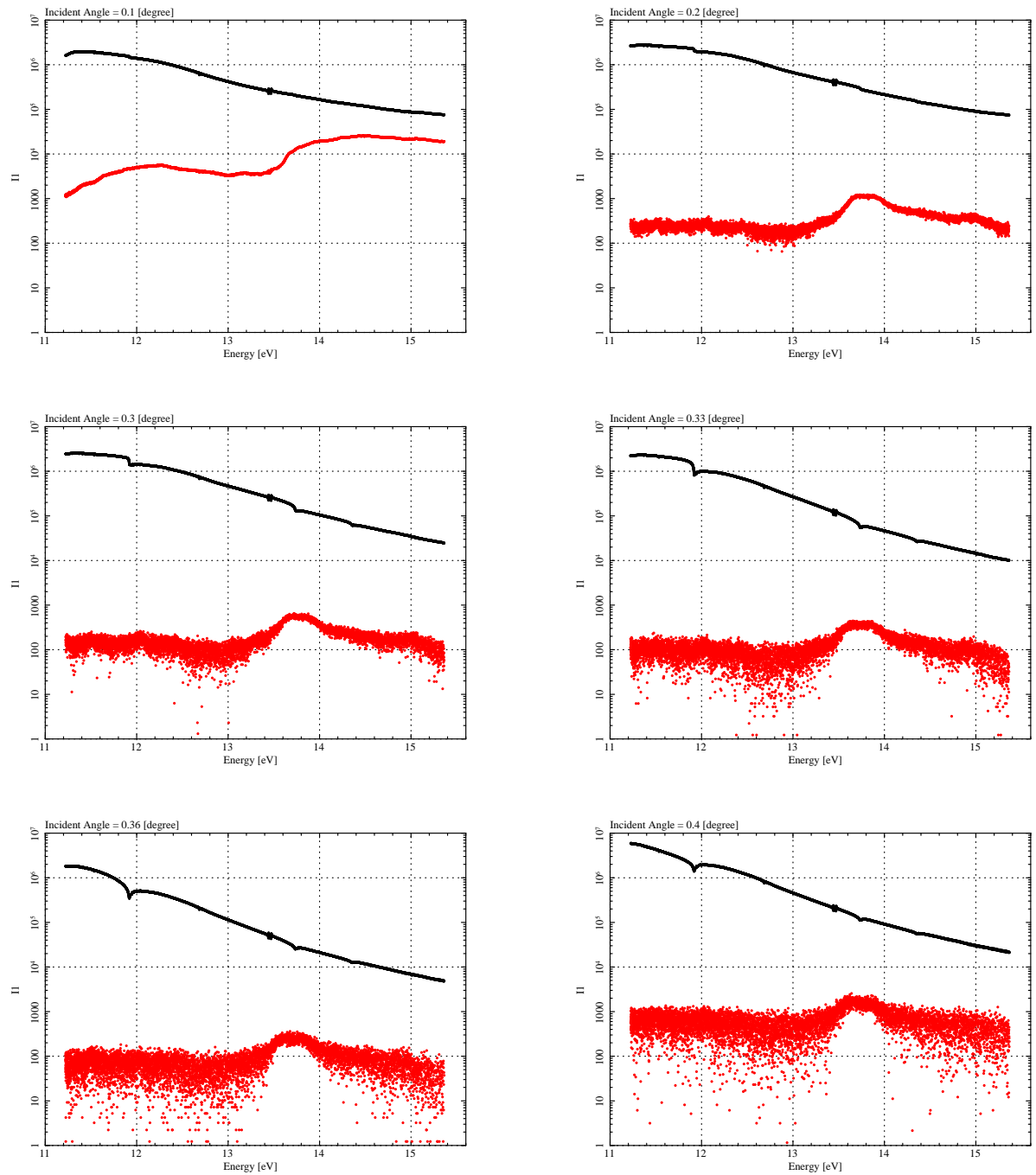


図 5.16: 反射率測定と散乱光測定の I_1 のプロット (0.1-0.4 °)

5.6 反射率測定 (エネルギースキャン)

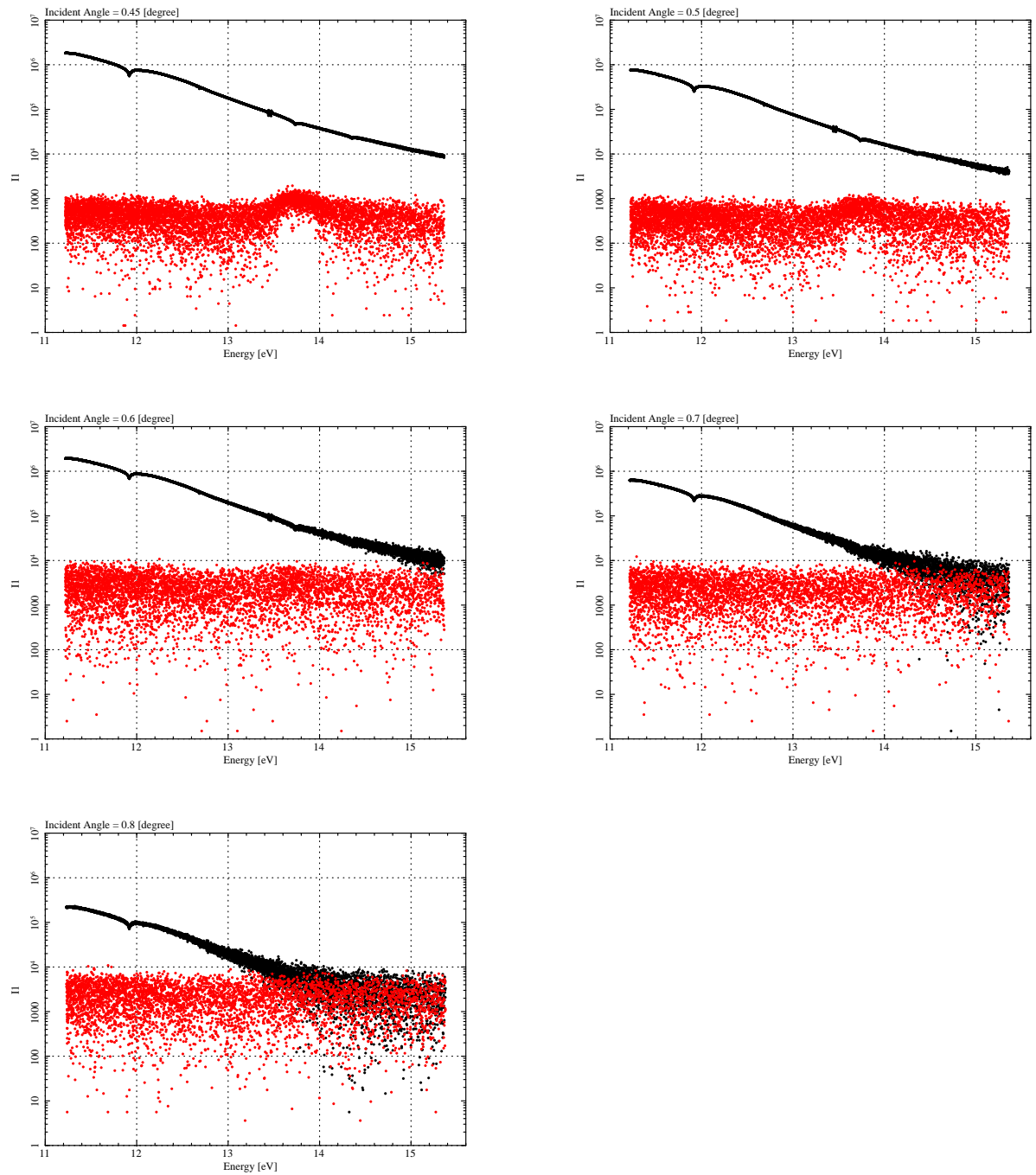


図 5.17: 反射率測定と散乱光測定の I_1 のプロット (0.45-0.8 °)

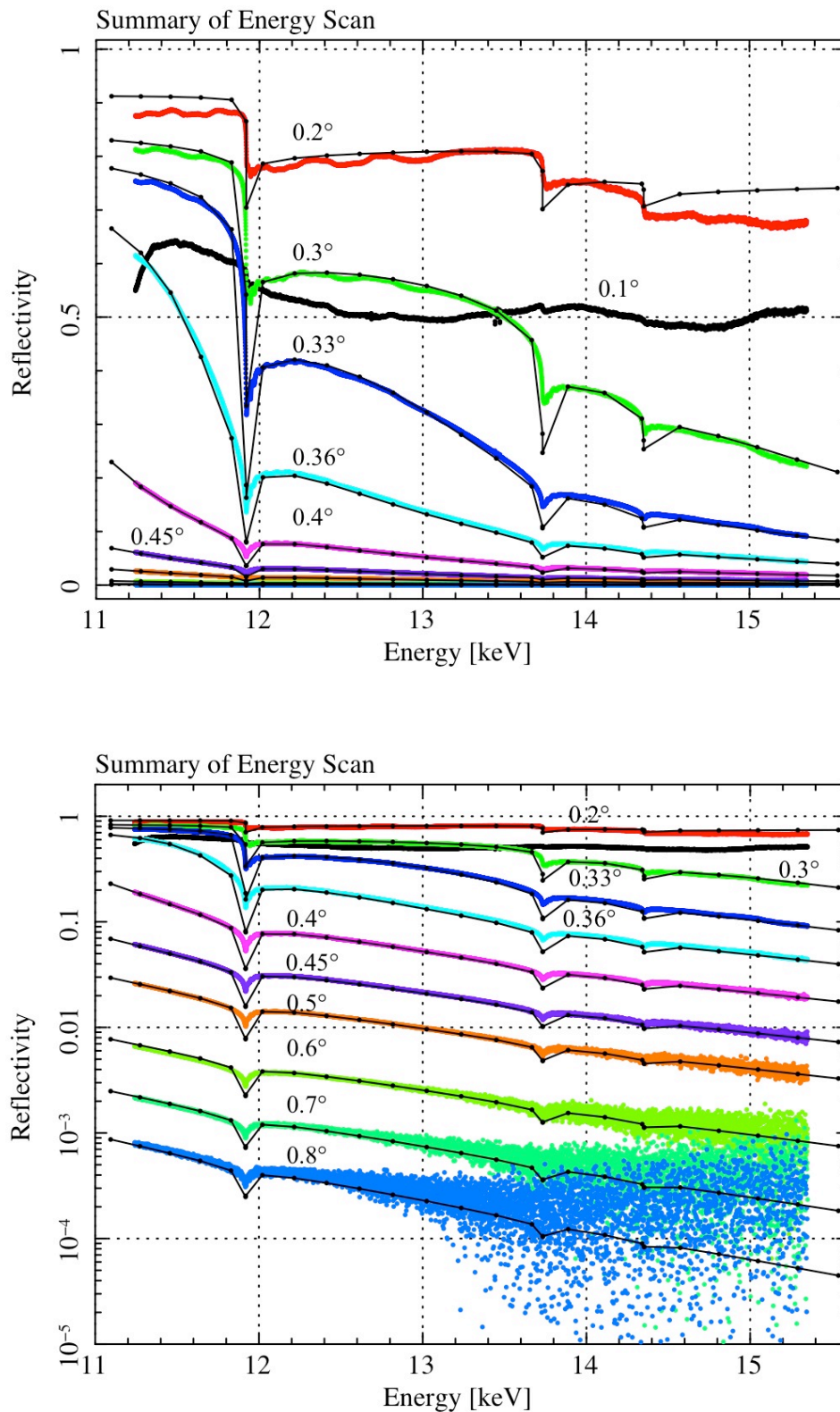


図 5.18: エネルギースキャン反射率結果。黒線は Henke 1993 の原子散乱因子から計算された反射率。上図: Linear 表示、下図: Log 表示

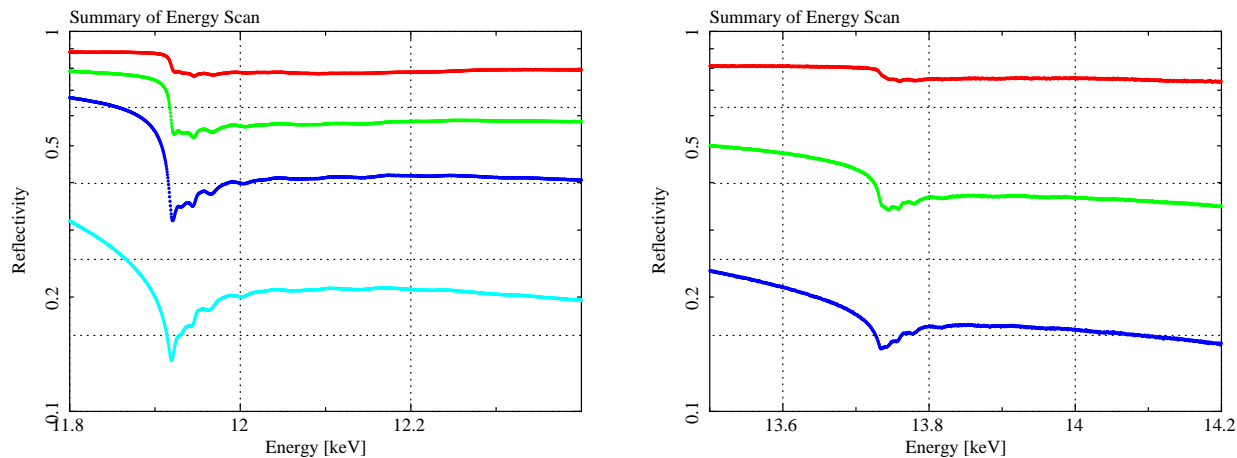


図 5.19: 吸収端付近の反射率。左図が Au-L₃ 吸収端付近、右図が Au-L₂ 吸収端付近。XAFS が確認できる。赤 : 0.2 °、緑 : 0.3 °、青 : 0.33 °、水色 : 0.36 °

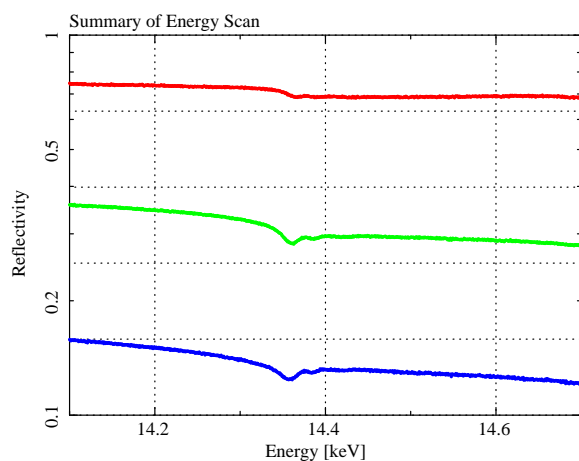


図 5.20: 吸収端付近の反射率。Au-L₁ 吸収端付近、XAFS が確認できる。赤 : 0.2 °、緑 : 0.3 °、青 : 0.33 °、水色 : 0.36 °

第6章 原子散乱因子の導出

6.1 解析方針

6.1.1 各パラメータの反射率への寄与

反射率カーブに影響するパラメータは主に原子散乱因子 f_1 、 f_2 、反射鏡表面粗さ、反射膜厚さ、と測定機器由来の入射角度 offset が考えられる。図 6.1、6.2 は本測定のほぼ中間のエネルギーである 13 keV での、各パラメータの反射率への寄与を示した図である。

まず、 f_1 と入射角度 offset のそれぞれ ratio を見てみると (図 6.1 の左図、6.2 の左図)、その反射率への寄与が似ていることが分かる。これは f_1 が (2.20) 式の通り、臨界角を決めるパラメータであるからである。そのため、 f_1 を変化させると反射率カーブを入射角方向に、横方向に平行移動するように見える。反射率の角度依存性のデータ点が少ないと、フィットパラメータの制限がなくなり、 f_1 と入射角度 offset がカップルしてしまい、正確な f_1 が求まらなくなる。反射率の角度依存性を詳しく調べると、その二つのパラメータがカップルし誤差が大きいものの、経験的に正確に求まる。そのため、角度スキンの解析を行い、そこで得られた入射角度 offset をエネルギースキンで反映させることによって f_1 を得る。

次に f_2 は、図 6.1 の左図のように臨界角より低角度側の全反射域で大きく反射率に寄与する。定性的な良い方をすると、反射率方向、縦方向に寄与し、 f_1 とは違った振舞をすることが見て取れる。 f_2 は吸収を表すパラメータであるため、 f_2 が大きくなれば反射率の低下に繋がる。 f_2 を求めるならば、臨界角より低角度側の反射率データが必要になる。

表面粗さは図 6.2 の右図のように指数関数的に反射率の減衰に寄与する。特に、反射率への寄与が大きいのは臨界角よりも大角度側であり、反射率カーブの tail (高角度側、低反射率の領域) の大きさを決めるパラメータである。そのため、表面粗さを精度良く求めたいのであれば、大角度側の反射率のデータが必要である。

6.1.2 解析方法

測定した反射率データから原子散乱因子の導出には、角度反射率のカーブフィッティングを採用した。前項のように各パラメータが角度反射率カーブに特徴的に寄与するため、反射率のモデルフィッティングをすることによって反射率データから原子散乱因子などを逆算して求めることができる。実測データからの導出には、角度スキンの解析とエネルギースキンの解析の2ステップを踏んだ。この方法は、Chandra 衛星の反射鏡の光学定数 [2] を求めた時に用いた方法と同様である。その解析方法を説明する。

角度スキンの解析

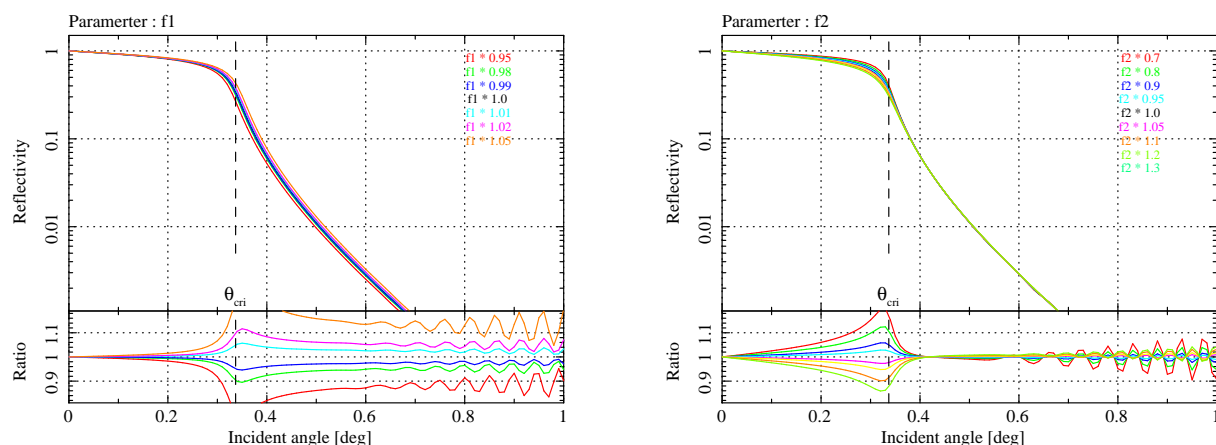


図 6.1: 各パラメータの反射率への寄与。左図: f_1 、右図: f_2

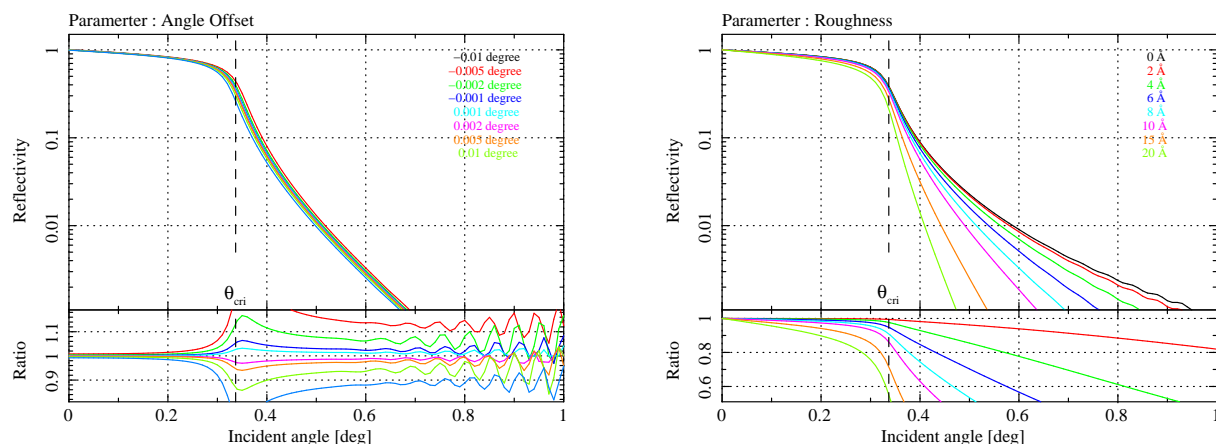


図 6.2: 各パラメータの反射率への寄与。左図: 入射角 offset、右図: 表面粗さ

角度スキンの反射率のデータを用いることで、原子散乱因子 f_1 、 f_2 、表面粗さ、などの反射鏡パラメータと、入射角度 offset などの機器誤差由来のパラメータを導出することが目的である。角度スキンの反射率のデータは角度依存性が細かく得られているため、反射率モデルをモデルフィットすることで、それぞれのパラメータが得られる。エネルギースキンは角度方向のデータ点数が少ないため、例えば、 f_1 と入射角度 offset のような反射率カーブに似た寄与するパラメータが完全にカップルしてしまう。この角度スキンは 6 つのエネルギーで測定を行っているため、パラメータのうち、表面粗さ、入射角度 offset のエネルギー依存性を調べ、その結果を基にエネルギースキンの解析に用いる固定パラメータを求める。

エネルギースキンの解析

角度スキンの反射率のデータを用いることで、目的とする原子散乱因子 f_1 、 f_2 の詳細なエネルギー依存性を導出することが目的である。方法は、エネルギースキンの各エネルギーごとに角度反射率のデータがあるため、まずエネルギースキンの各エネルギーごとに角度反射率を出す (図 6.3)。次に各エネルギーごとに角度スキン同様反射率

モデルのカーブフィッティングをする。この時、表面粗さ、角度 offset のエネルギー依存性を仮定し、固定パラメータとしているので、残りのフリーパラメータである原子散乱因子 f_1 、 f_2 が各エネルギーごとに求められる。この結果が求めたい実測に基づいた原子散乱因子 f_1 、 f_2 となる。

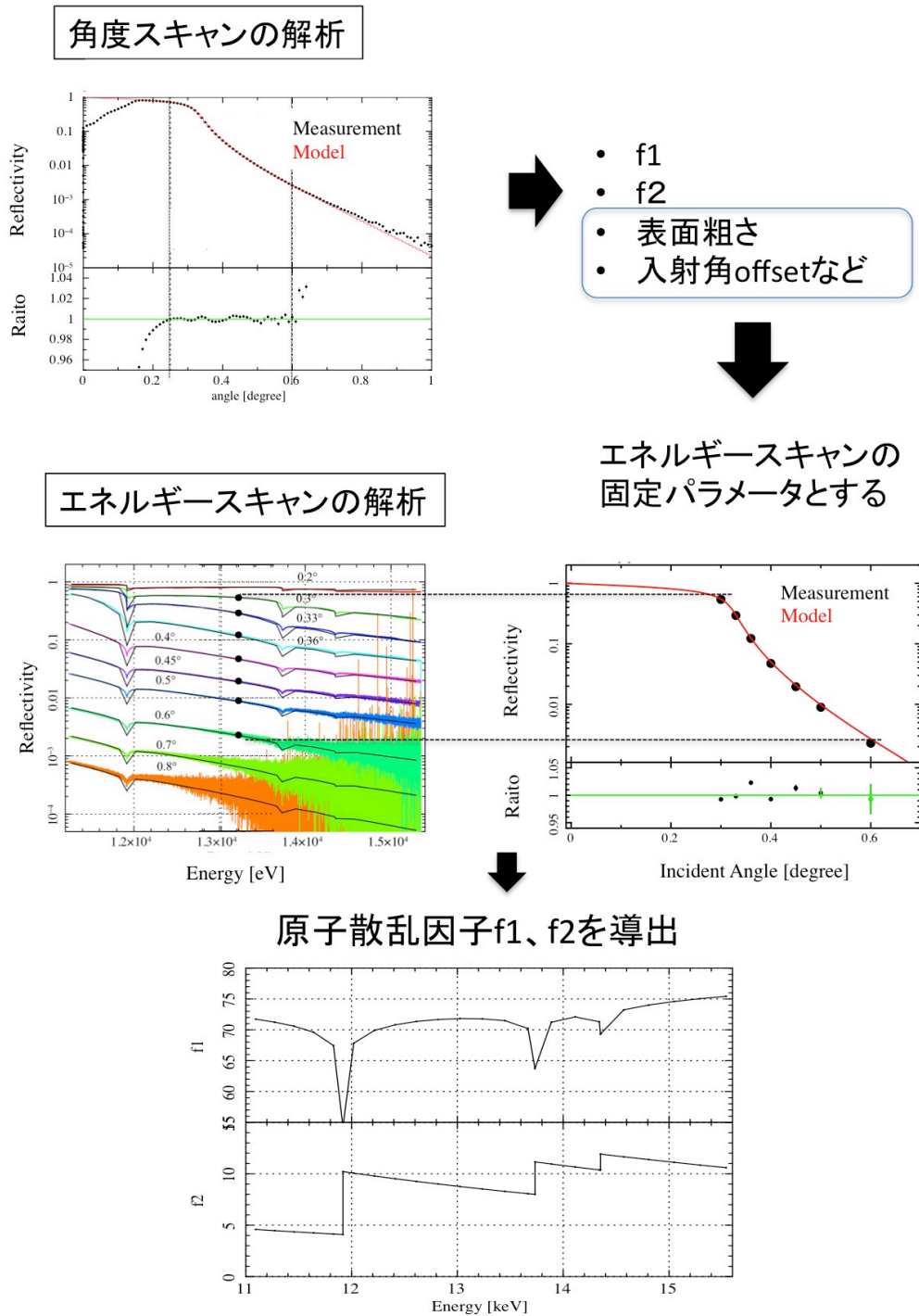


図 6.3: 反射率のデータから原子散乱因子を導出するための解析の概念図。

6.2 誤差評価

BL01B1 のイオンチェンバーは検出したフラックスを電流に変え、電流から電圧、電圧 VF コンバーターで周波数に変換し、その周波数をカウンターで読み取り強度が測定される。フォトンカウントをすることができないため、統計誤差を簡単に求められない。また、エネルギースキンの入射角度 (0.2° や 0.3°) によっては系統的なうねりが見られる。XAFS が現れないエネルギー帯に存在するので、これは系統誤差として見積もらなければならない。誤差はそのデータの測定の正確さを表しており、解析において小さい誤差のデータはその分だけ重要度が上がる。誤差評価を正確に行わなければ、その分だけ解析結果を間違える可能性がある。この節ではエネルギースキンのデータ点を基に、誤差評価の方法、結果をまとめる。

6.2.1 エネルギースキンのダイレクト測定の系統誤差

エネルギースキンのダイレクト測定は全体の測定の前 (Before) と、測定の間 (After) に行っている。同じ実験条件で行ったがわずかに I_0 と I_1 の強度比が変わっていることが分かった (図 6.5)。わずかに、測定感度の比が変わってしまっていることを意味し、これが誤差となる。

そこで、この I_1/I_0 を系統誤差として評価した。ダイレクト測定の Before と After の I_1/I_0 が、平均と比べどれだけ差があるかを調べた。しかしながらランダムなばらつきがあるため、binning することでその差のエネルギー依存性などの傾向を見いだした。そして、誤差を全データで見積もるために、近似的な曲線を仮定し、その系統誤差の傾向を表す関数を求めた。これらを全データに適用した。

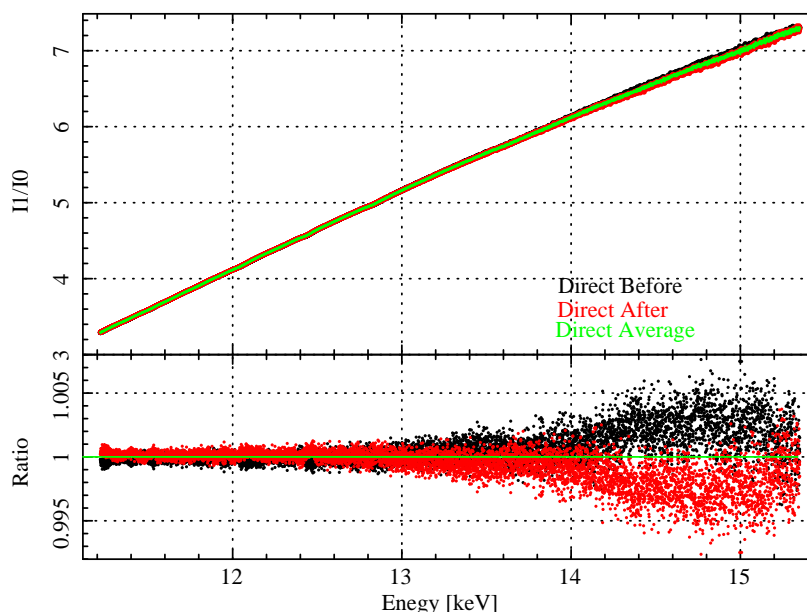


図 6.4: 二つのダイレクト測定の I_1/I_0 と平均との Ratio

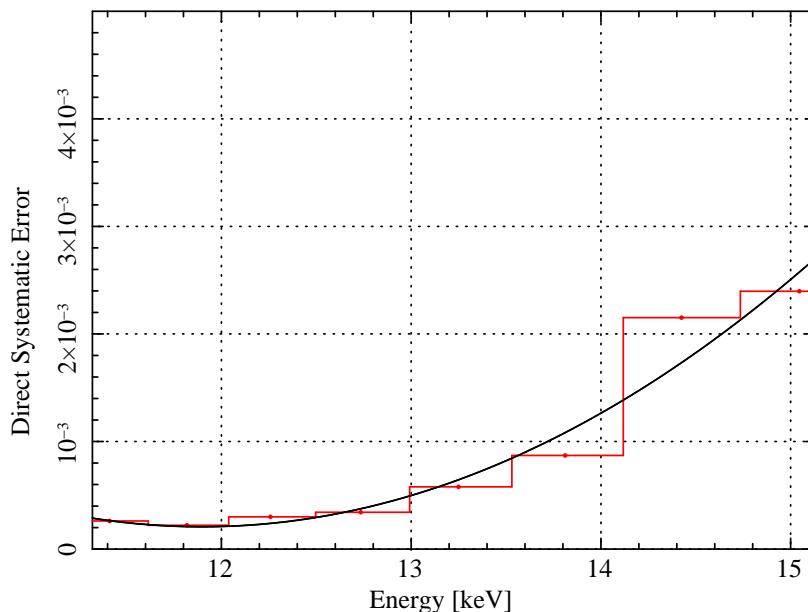


図 6.5: ダイレクトの系統誤差。赤のプロットは図 6.5 の Ratio から求めた系統誤差 (Binning 済み)

6.2.2 反射率のランダムさを用いた誤差評価

統計誤差などはデータ点がランダムにバラつくことから生まれる。今回のエネルギー स्कанын 7803 点のデータ点が存在するため、データ点のランダムさから誤差を求めることができる。ただし、この誤差は検出したフォトン数の統計誤差と、検出器のノイズなど系統誤差が畳み込まれてしまっている。その誤差評価の方法を以下に説明する。

エネルギー स्कанын 反射率の分散を評価

まず、各入射角 ($0.33 \sim 0.8^\circ$) のエネルギー स्कанын 反射率データを、吸収端から離れて XAFS が確認できないエネルギー区間を、小分けを行った。小分けしたエネルギー区間は表 6.1 を参照。そして、それぞれの区間ごとに適当な関数でフィットし、その関数と実測反射率のデータとの比を求めた。そのフィットした結果と比の図が図 6.6 から図 6.13 である。さらにその結果から各エネルギー区間の反射率とモデル関数の ratio の 1σ を求めた。その結果を表 6.1 にまとめている。

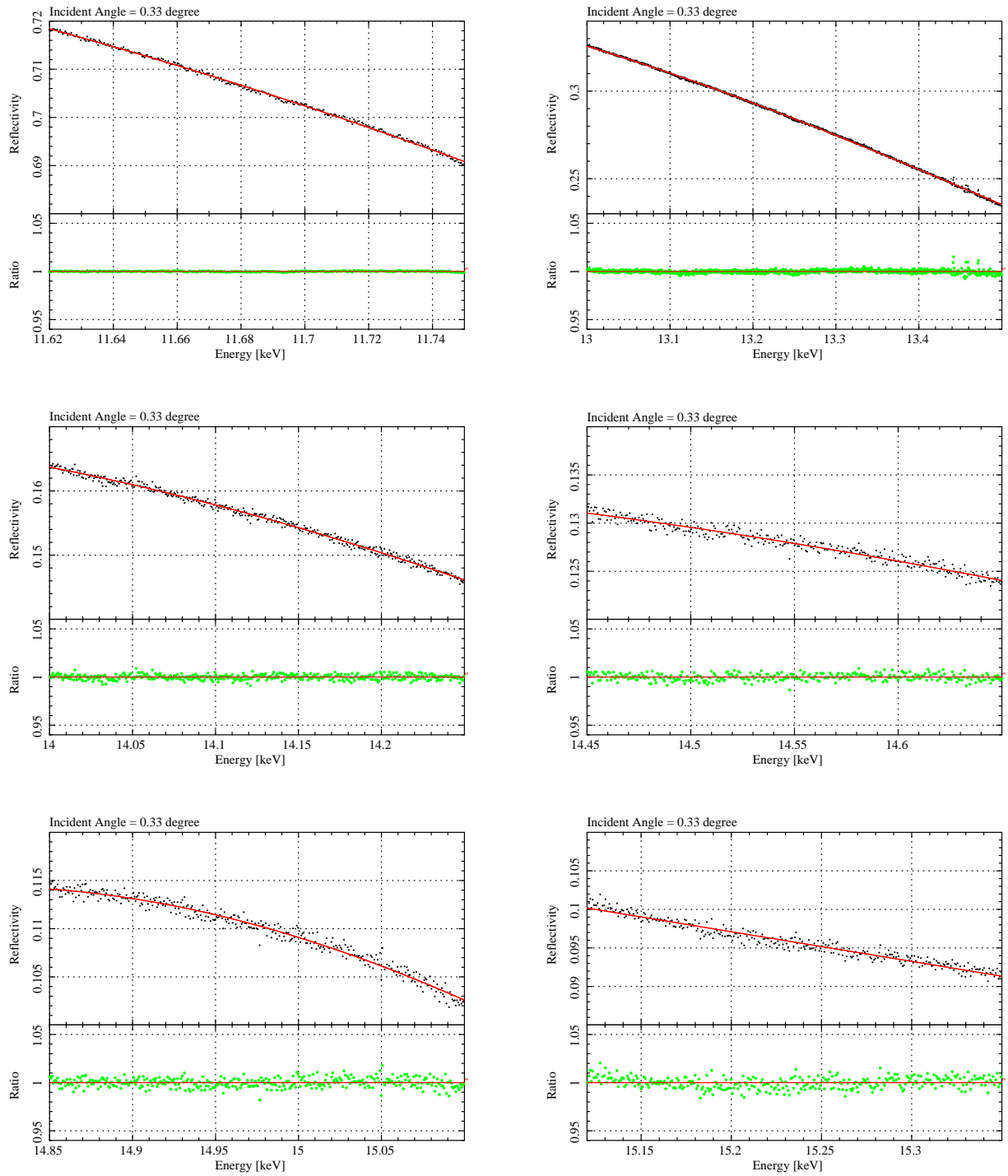


図 6.6: 0.33 °反射率の分散

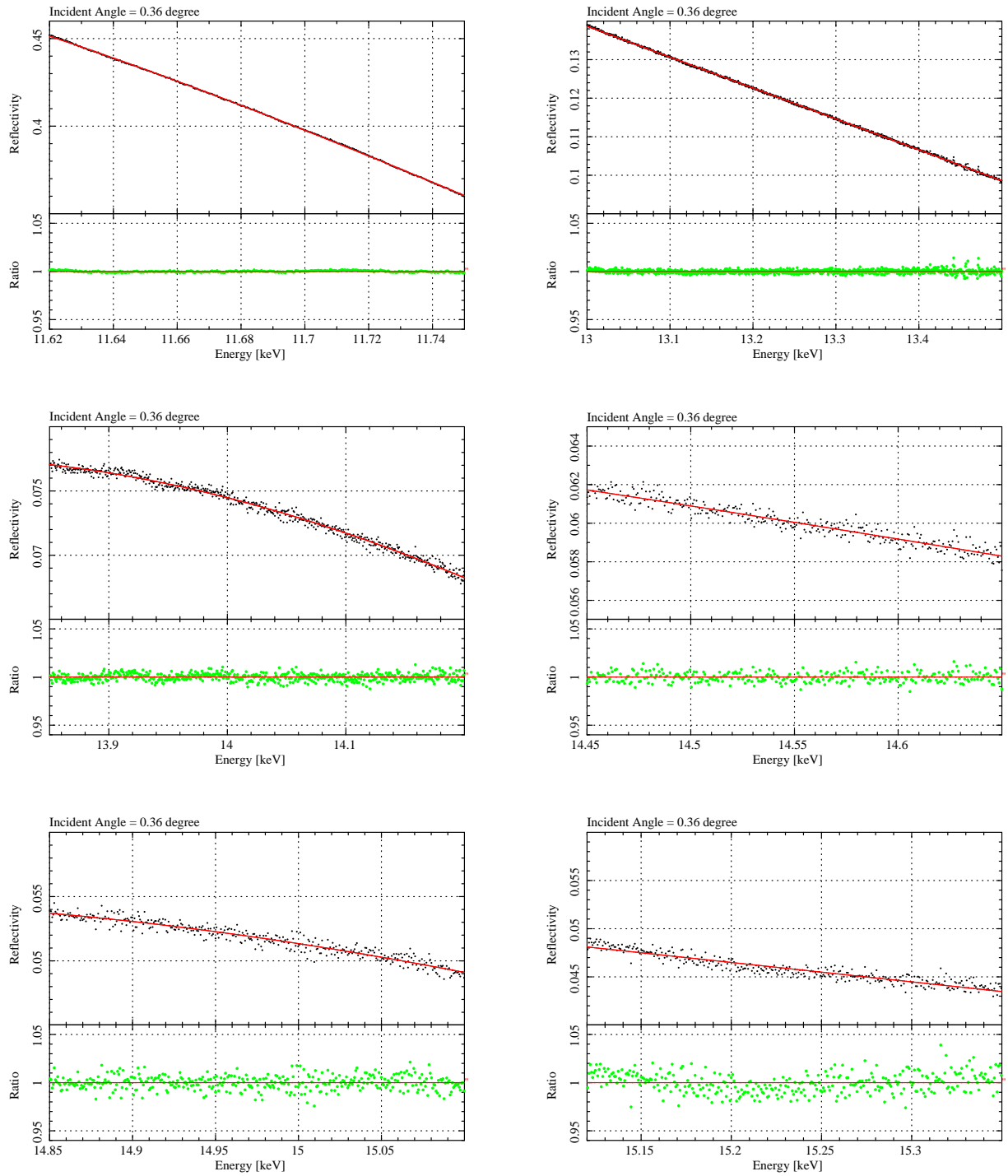


図 6.7: 0.36 °反射率の分散

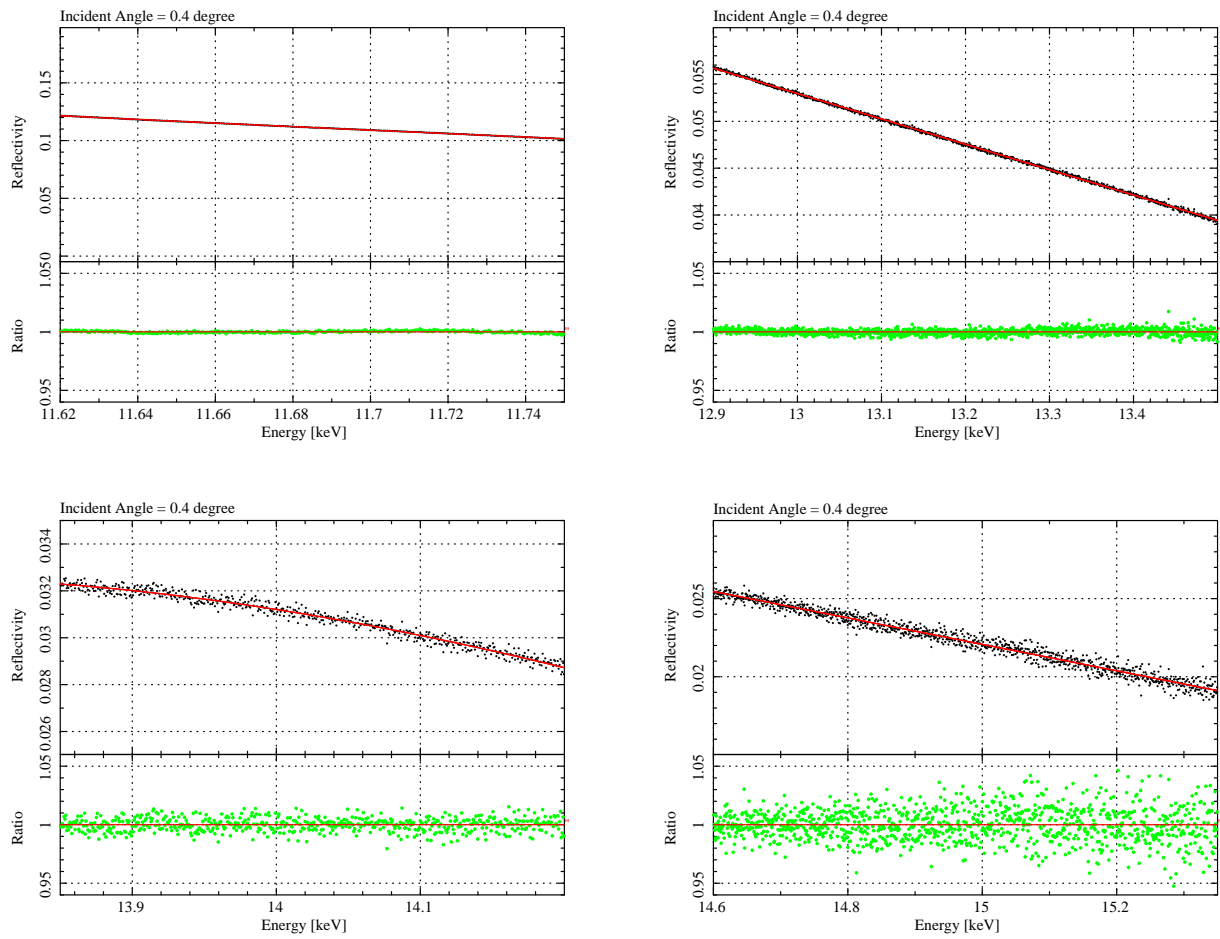


図 6.8: 0.4 °反射率の分散

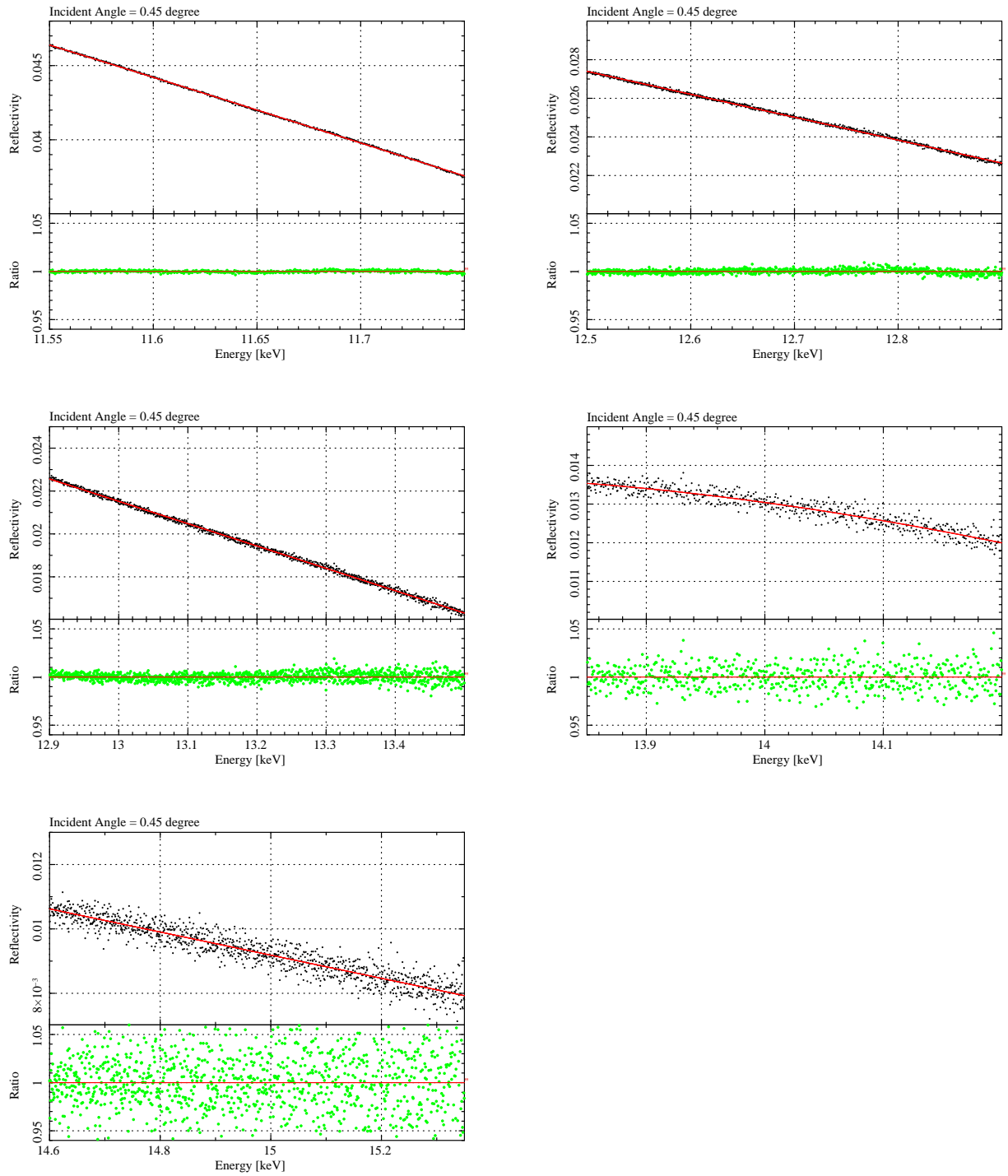


図 6.9: 0.45 °反射率の分散

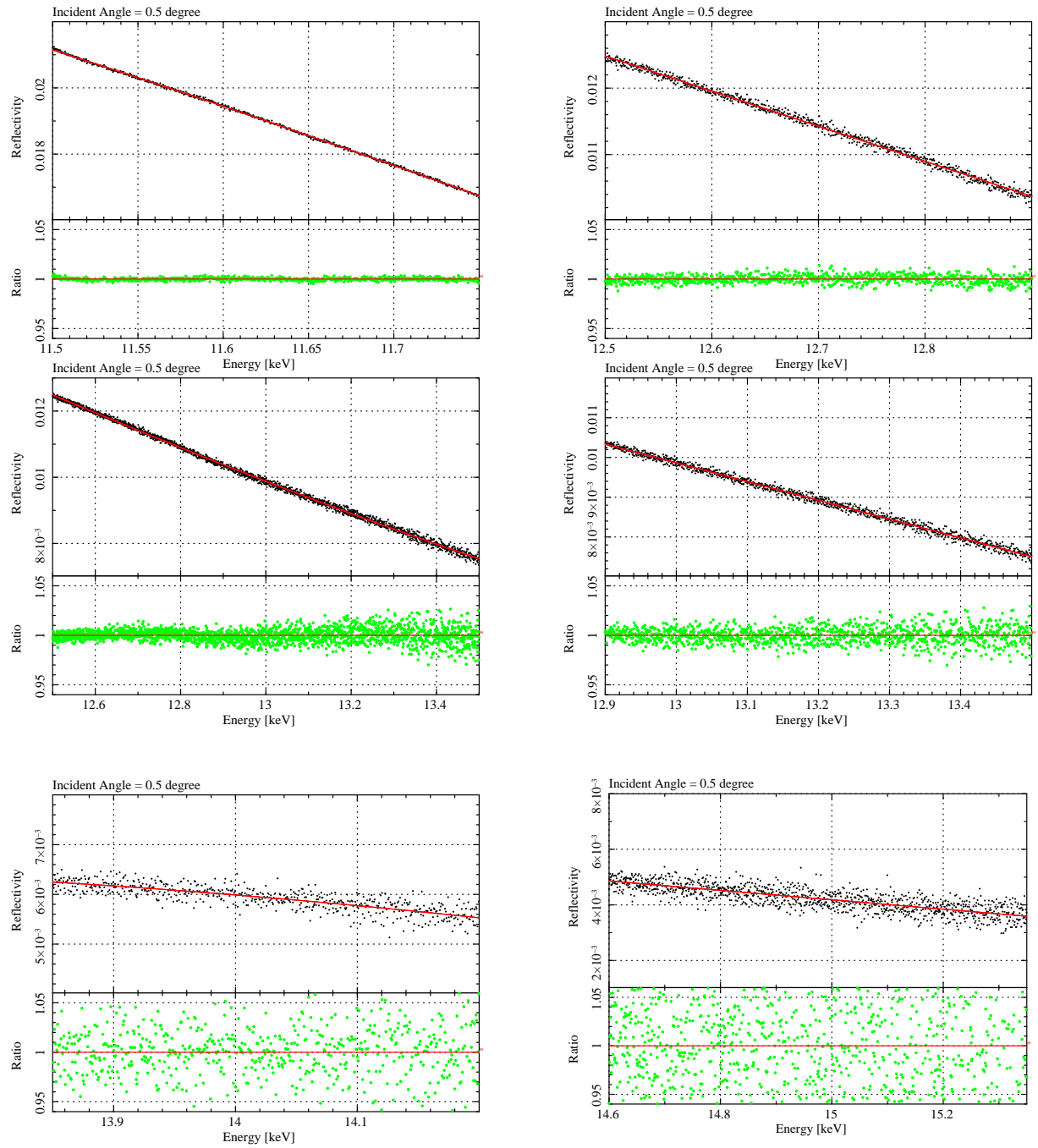


図 6.10: 0.5 °反射率の分散

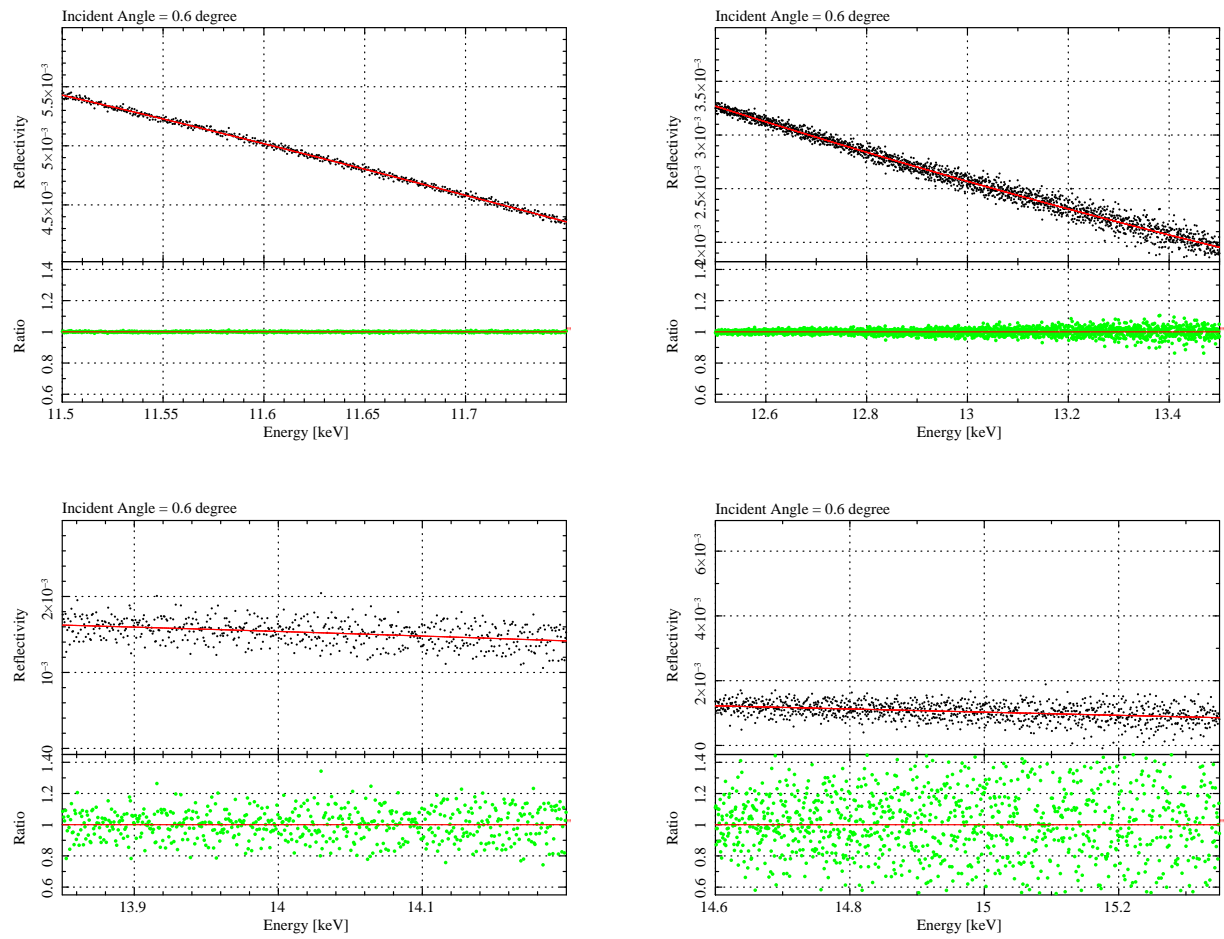


図 6.11: 0.6 °反射率の分散

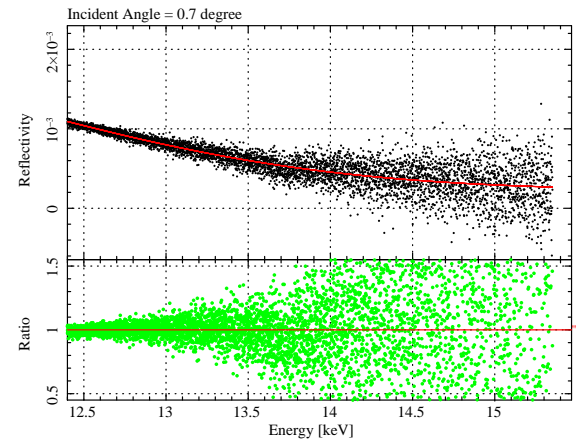
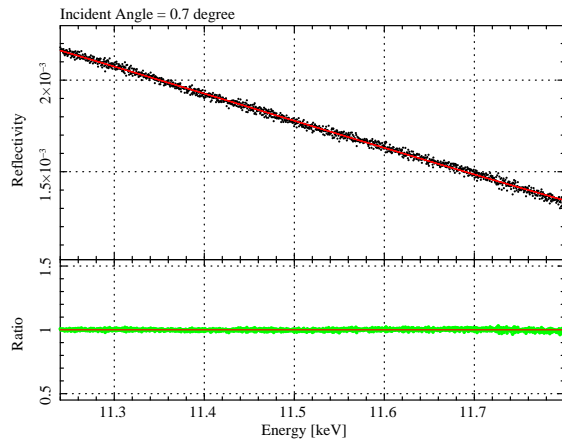


図 6.12: 0.7 °反射率の分散

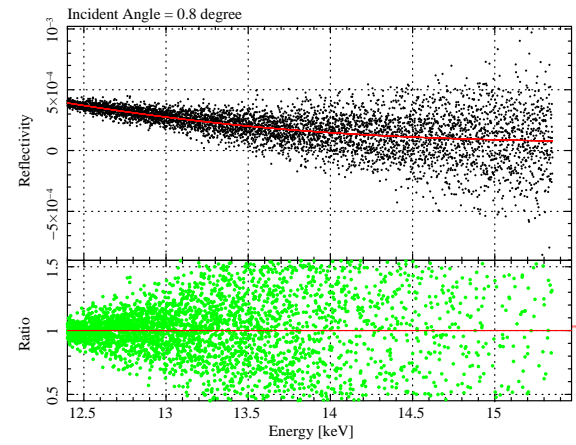
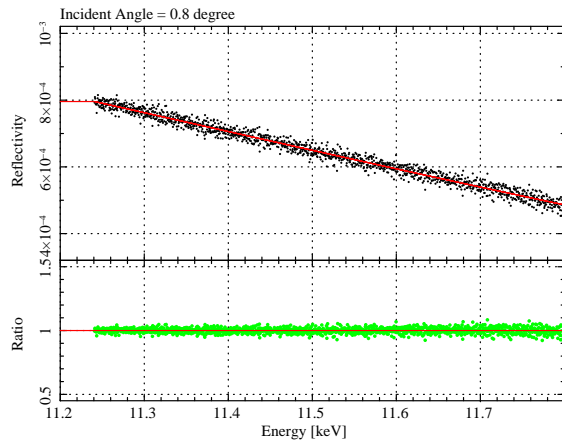


図 6.13: 0.8 °反射率の分散

表 6.1: それぞれの角度ごとの反射率の分散

入射角度 [degree]	エネルギー範囲 [keV]	中心エネルギー [keV]	電流アンプ Gain	反射光 I ₁ 強度	Ratio の 1 σ
0.33	11.62-11.75	11.685	10 ⁸	1992982	4.4×10^{-4}
	13-13.5	13.246	10 ⁸	178185	1.8×10^{-3}
	14-14.25	14.124	10 ⁸	42883	2.7×10^{-3}
	14.45-14.65	14.549	10 ⁸	26621	3.6×10^{-3}
	14.85-15.1	14.974	10 ⁸	18108	4.9×10^{-3}
	15.12-15.35	15.234	10 ⁸	14484	6.0×10^{-3}
0.36	11.62-11.75	11.685	10 ⁸	1148086	7.9×10^{-4}
	13-13.5	13.247	10 ⁸	76376	2.0×10^{-3}
	13.85-14.2	14.024	10 ⁸	23705	3.8×10^{-3}
	14.45-14.65	14.55	10 ⁸	14279	5.3×10^{-3}
	14.85-15.1	14.974	10 ⁸	10158	7.4×10^{-3}
	15.12-15.35	15.234	10 ⁸	8586	1.1×10^{-2}
0.4	11.62-11.75	11.685	10 ⁹	3218159	8.8×10^{-4}
	12.9-13.5	13.195	10 ⁹	327375	2.5×10^{-3}
	13.85-14.2	14.024	10 ⁹	91285	5.9×10^{-3}
	14.6-15.35	14.968	10 ⁹	34144	1.4×10^{-2}
	11.55-11.75	11.65	10 ⁹	1198215	1.1×10^{-3}
	12.5-12.9	12.698	10 ⁹	309702	2.3×10^{-3}
0.45	12.9-13.5	13.195	10 ⁹	131484	4.4×10^{-3}
	13.85-14.2	14.024	10 ⁹	39101	1.2×10^{-2}
	14.6-15.35	14.968	10 ⁹	15330	3.2×10^{-2}
	11.5-11.75	11.624	10 ¹⁰	5345677	1.5×10^{-3}
	12.5-12.9	12.698	10 ¹⁰	1299723	4.1×10^{-3}
	12.5-13.5	12.986	10 ¹⁰	789364	6.9×10^{-3}
0.5	12.9-13.5	13.195	10 ¹⁰	553642	8.1×10^{-3}
	13.85-14.2	14.024	10 ¹⁰	152730	2.5×10^{-2}

表 6.1: それぞれの角度ごとの反射率の分散

入射角度 [degree]	エネルギー範囲 [keV]	中心エネルギー [keV]	電流アンプ Gain	反射光 I_1 強度	Ratio の 1σ
0.6	14.6-15.35	14.968	10^{10}	50432	6.7×10^{-2}
	11.5-11.75	11.624	10^{10}	1379503	3.5×10^{-3}
	12.5-13.5	12.987	10^{10}	204331	2.3×10^{-2}
	13.85-14.2	14.024	10^{10}	42543	9.8×10^{-2}
	14.6-15.35	14.968	10^{10}	17995	2.6×10^{-1}
0.7	11.24-11.8	11.515	10^{10}	512013	8.5×10^{-3}
	12.4-15.47	13.767	10^{10}	18538	4.8×10^{-1}
0.8	11.2-11.8	11.515	10^{10}	187484	2.2×10^{-2}
	12.4-15.47	13.767	10^{10}	5779	1.5

Ratio の 1σ の依存性

ここから求められた ratio の 1σ を反射率測定 の I_1 を横軸としてプロットすると、エネルギーに関係なく、各スキャンの Gain と反射率測定 の I_1 の強度に依存することが分かった横軸反射率測定 の I_1 、縦軸 1σ のプロットが図 6.14 である。誤差はあらゆるエネルギー スキャン、角度 スキャンで評価したいので、このプロットされた点を再現できる誤差関数を求めたい。統計誤差は基本的に検出光子数の二乗根に比例するので、ここでは I_1 を変数とする Power Law を仮定した。

$$\sigma(I_1) = C \times I_1^a \quad (6.1)$$

この C と a の値は表 6.2 にまとめた。そして、この誤差評価の結果を基に全データに誤差を求めた。

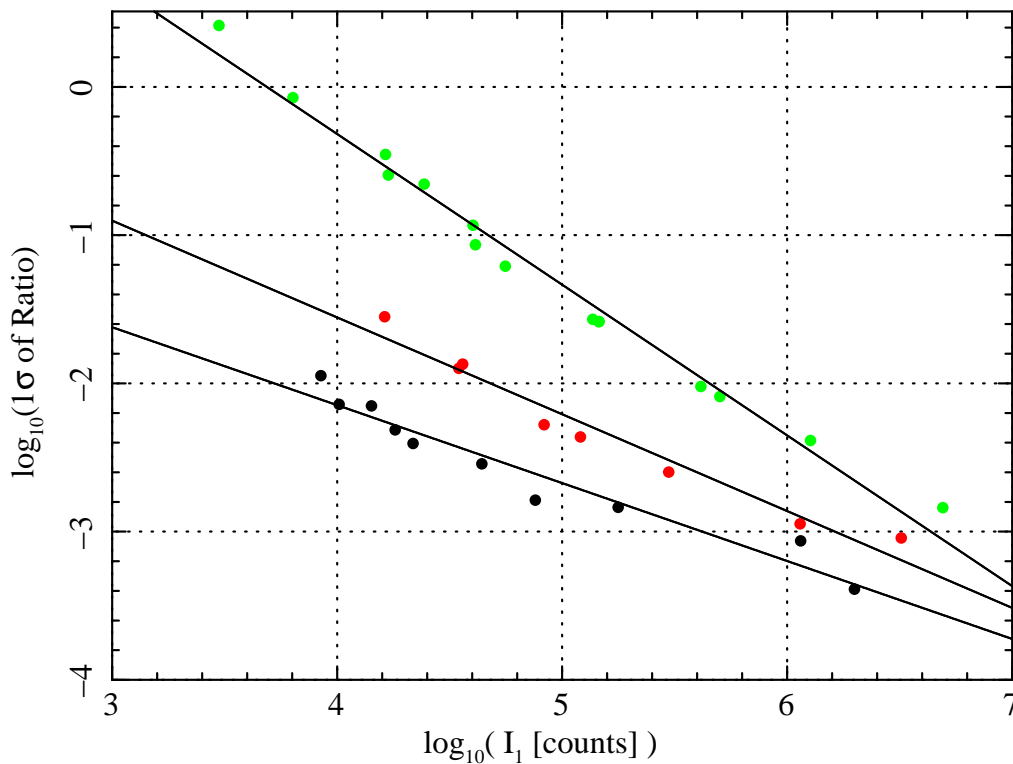


図 6.14: 誤差の反射率測定における、 I_1 強度依存性 (黒 : Gain 10^8 、赤 : Gain 10^9 、緑 : Gain 10^{10})

表 6.2: Gain ごとの誤差評価関数のパラメータ

Gain	a	C
10^8	-0.53	0.904
10^9	-0.65	11.40
10^{10}	-1.02	5607.8

6.2.3 0.3 °エネルギースキンの反射率のうねりの系統誤差

次に0.3 °のエネルギースキンの反射率にあらわれる「うねり」を誤差として評価した。このうねりはビームの方向、幅などの変動によるものと思われる。前項と同じように、反射率に適当な関数をモデルフィットし、各区间での実測とのratioの 1σ を評価した。その結果が図6.15であり、それぞれのエネルギー区間でのratioの 1σ は表6.3にまとめている。0.3 °の場合は、この角度だけの現象としてエネルギー依存性(図6.16)を調べ、近似曲線を求め誤差評価を行った。

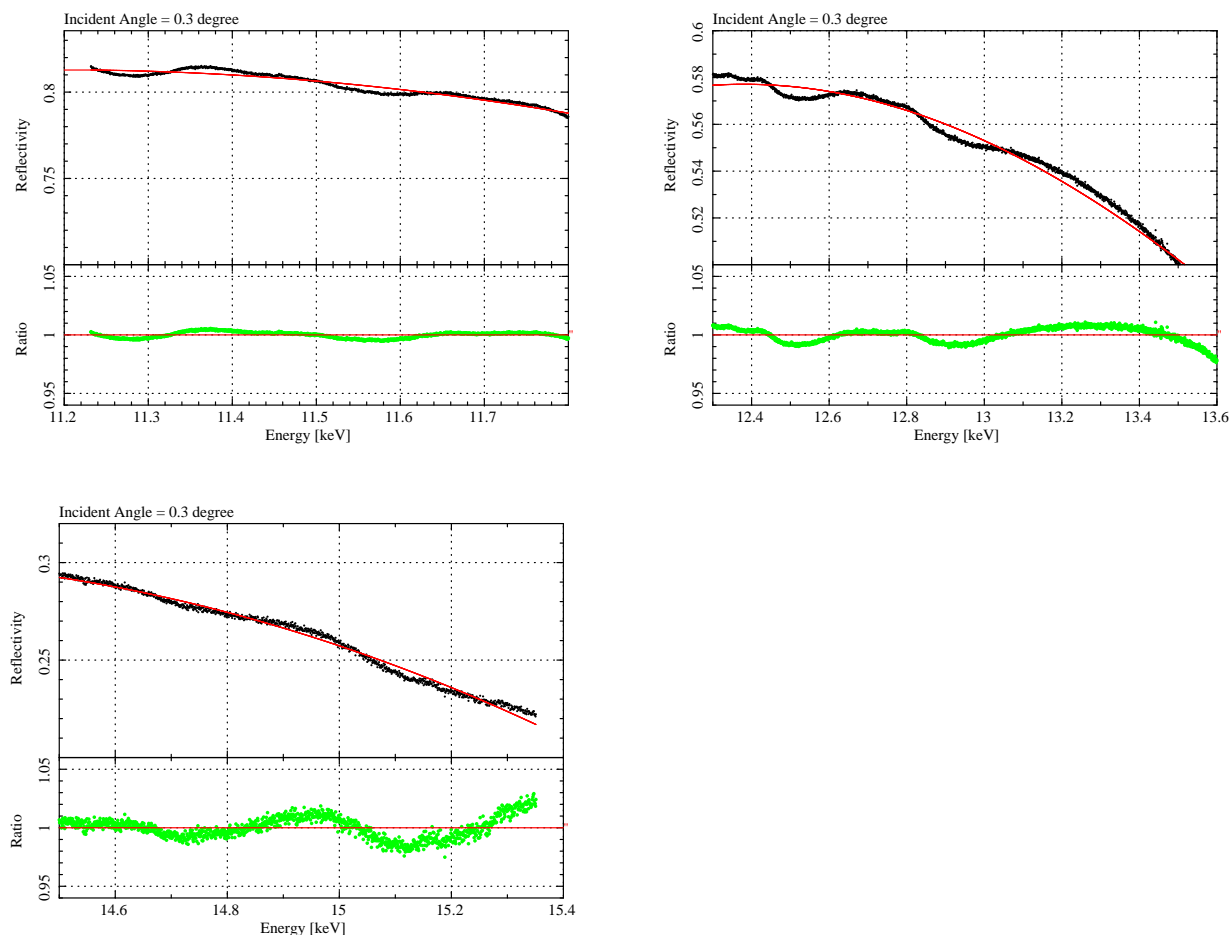


図 6.15: 0.3 °反射率とモデル関数との比

表 6.3: それぞれの角度ごとの反射率の分散

入射角度 [degree]	エネルギー範囲 [keV]	中心エネルギー [keV]	Ratio の 1σ
0.3	11.2-11.8	11.510	2.6×10^{-3}
	12.3-13.6	12.927	6.2×10^{-3}
	14.5-15.4	14.917	9.1×10^{-3}

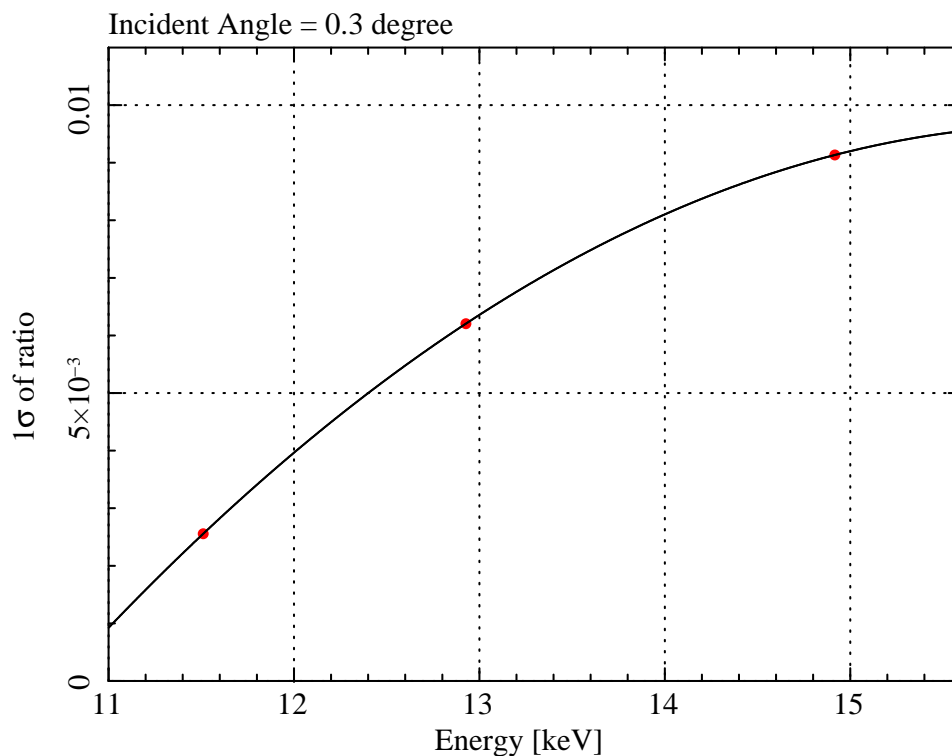


図 6.16: 0.3 °のうねりの系統誤差のエネルギー依存性

6.2.4 誤差評価結果 (角度スキャン)

6.2.1 項、6.2.2 項で得られた誤差評価を基に、角度スキャンの反射率の誤差を求めた。11.2 keV から 15.4 keV の反射率の誤差と反射率との ratio は図 6.22～図 6.24 である。

6.2.5 誤差評価結果 (エネルギースキャン)

6.2.1 項、6.2.2 項で得られた誤差評価を基に、角度スキャンの反射率の誤差を求めた。0.2 ° から 0.8 ° の反射率の誤差と反射率との ratio は図 6.20～図 6.24 である。その結果、角度スキャンと違い、6.2.2 項の分散で求めた誤差の方が支配的であることが分かった。0.33 ° 以降であると、ダイレクト測定 of I_0 と I_1 の ratio の系統誤差はほとんど無視できる。

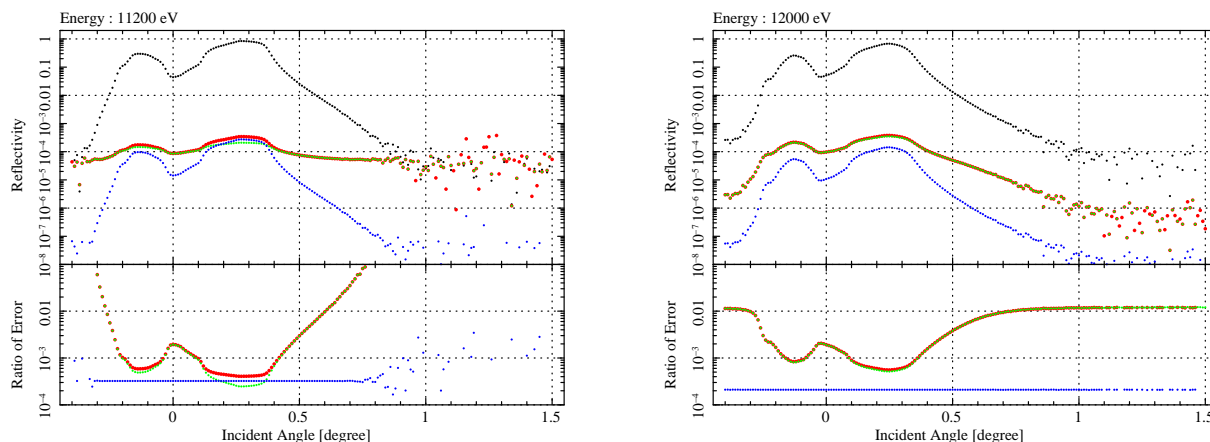


図 6.17: 反射率と誤差評価の結果 (左図 : 11.2 keV、右図 : 12 keV)。黒 : 反射率。緑 : 分散から得た誤差。青 : ダイレクト測定の系統誤差。赤 : 全体 (緑と青の二乗和) の誤差

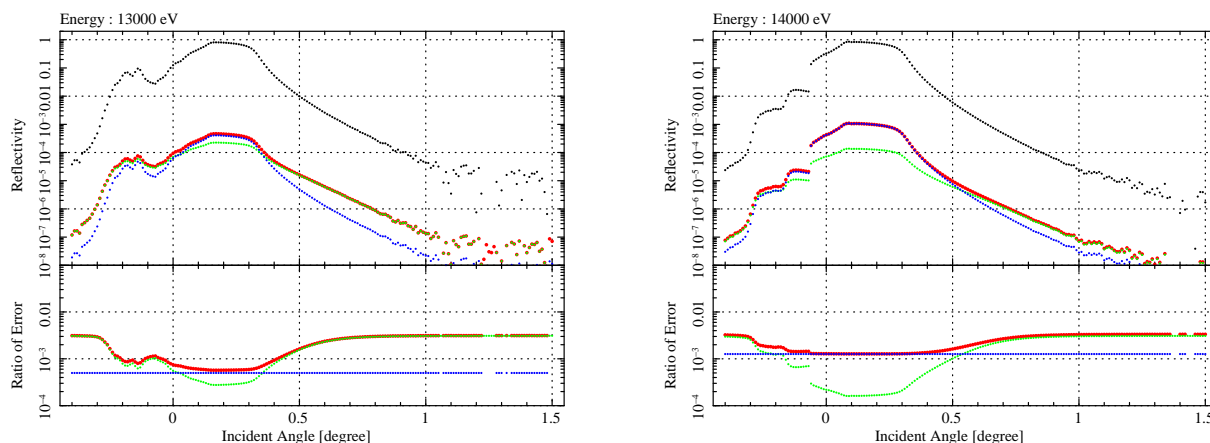


図 6.18: 反射率と誤差評価の結果 (左図 : 13 keV、右図 : 14 keV)。黒 : 反射率。緑 : 分散から得た誤差。青 : ダイレクト測定の系統誤差。赤 : 全体 (緑と青の二乗和) の誤差

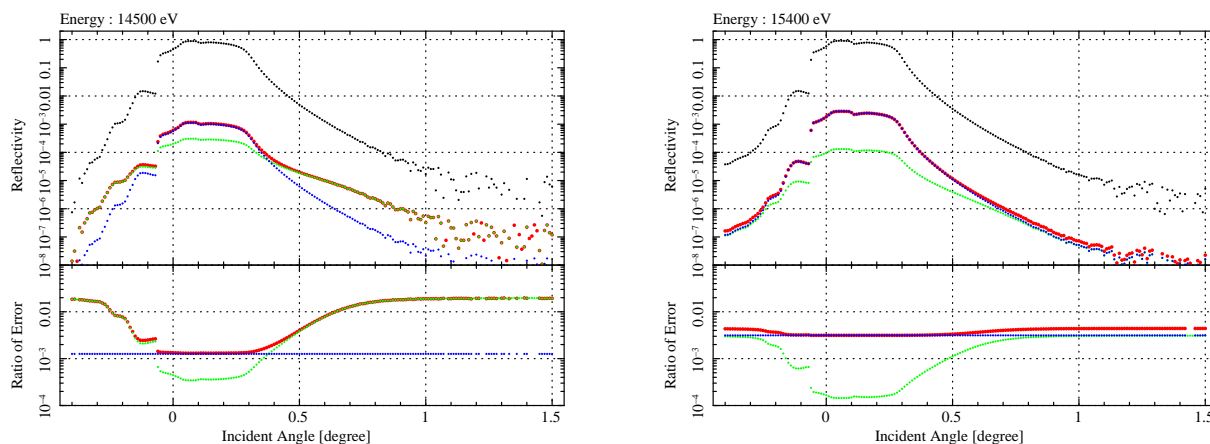


図 6.19: 反射率と誤差評価の結果 (左図 : 14.5 keV、右図 : 15.4 keV)。黒 : 反射率。緑 : 分散から得た誤差。青 : ダイレクト測定の系統誤差。赤 : 全体 (緑と青の二乗和) の誤差

6.2 誤差評価

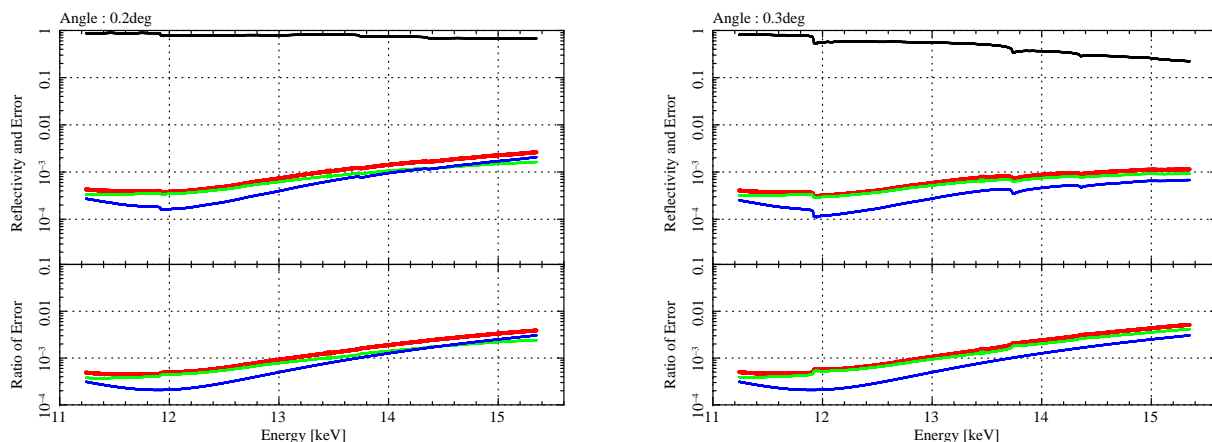


図 6.20: 反射率と誤差評価の結果 (左図 : 0.2 °、右図 : 0.3 °)。黒 : 反射率。緑 : 分散から得た誤差。青 : ダイレクト測定の系統誤差。赤 : 全体 (緑と青の二乗和) の誤差

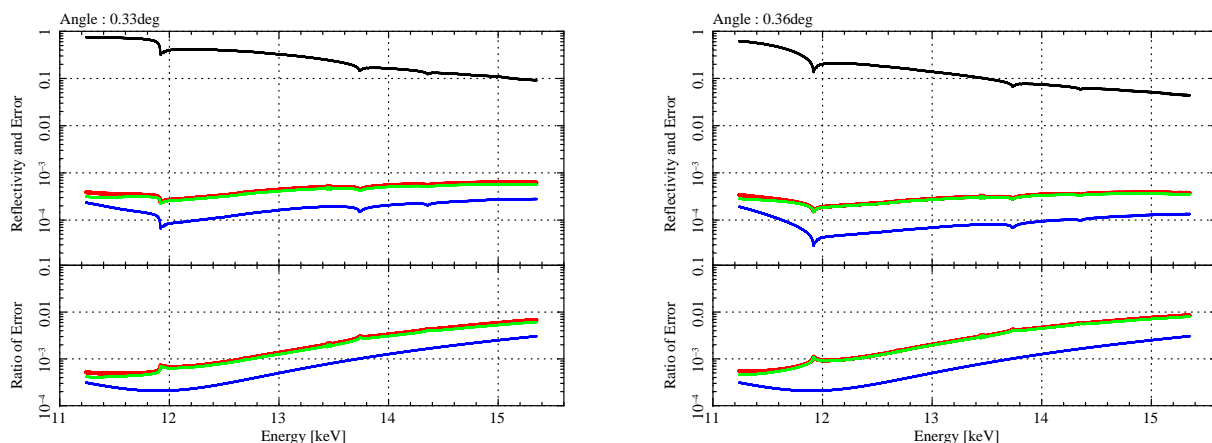


図 6.21: 反射率と誤差評価の結果 (左図 : 0.33 °、右図 : 0.36 °)。黒 : 反射率。緑 : 分散から得た誤差。青 : ダイレクト測定の系統誤差。赤 : 全体 (緑と青の二乗和) の誤差

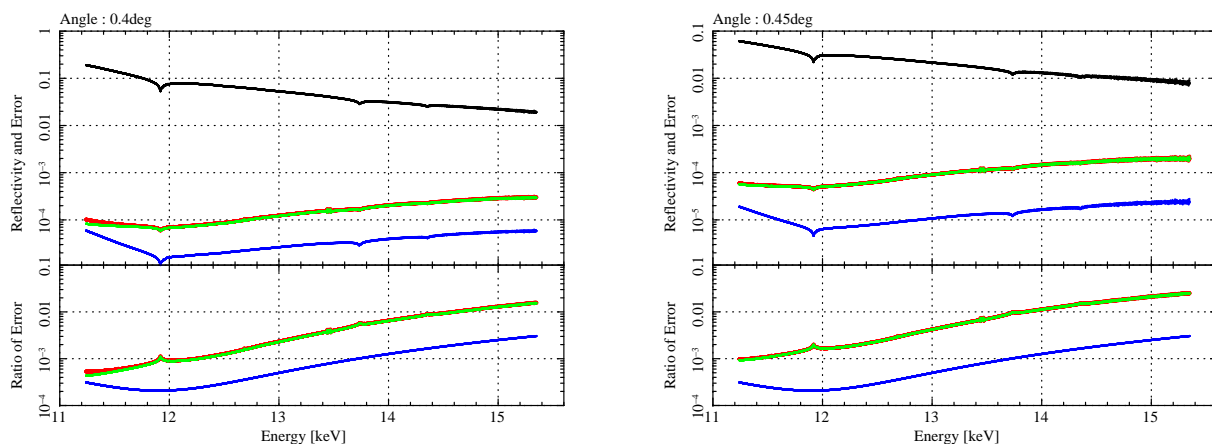


図 6.22: 反射率と誤差評価の結果 (左図 : 0.4 °、右図 : 0.45 °)。黒 : 反射率。緑 : 分散から得た誤差。青 : ダイレクト測定の系統誤差。赤 : 全体 (緑と青の二乗和) の誤差

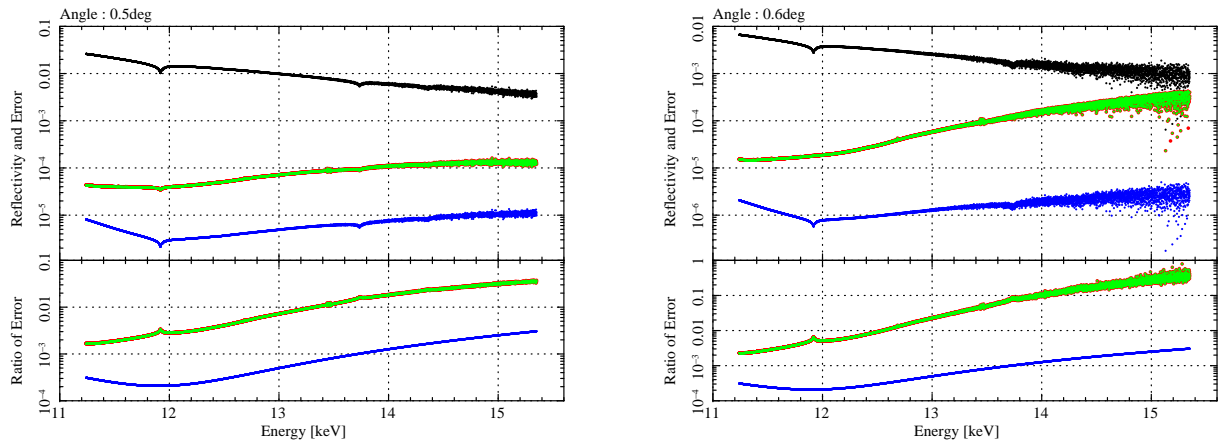


図 6.23: 反射率と誤差評価の結果 (左図 : 0.5 °、右図 : 0.6 °)。黒 : 反射率。緑 : 分散から得た誤差。青 : ダイレクト測定 of 系統誤差。赤 : 全体 (緑と青の二乗和) の誤差

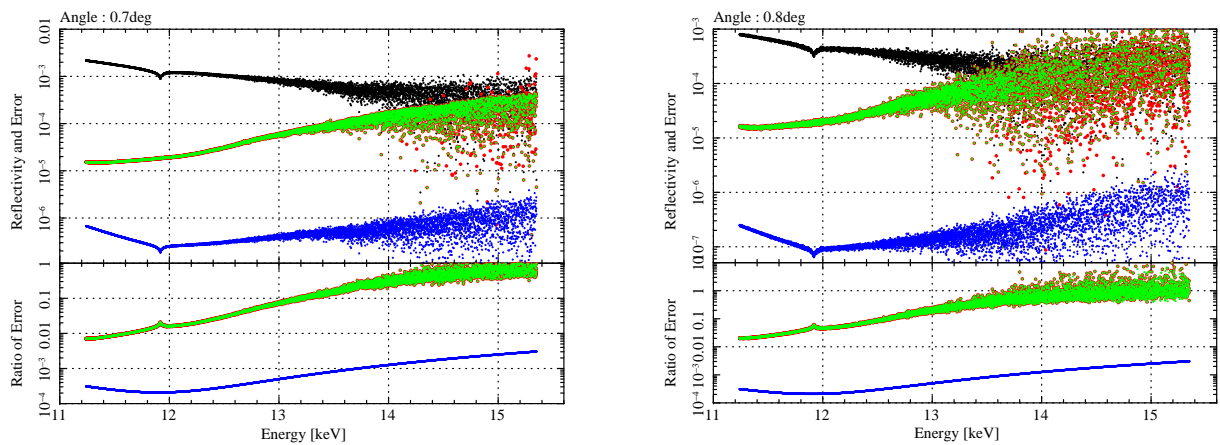


図 6.24: 反射率と誤差評価の結果 (左図 : 0.7 °、右図 : 0.8 °)。黒 : 反射率。緑 : 分散から得た誤差。青 : ダイレクト測定 of 系統誤差。赤 : 全体 (緑と青の二乗和) の誤差

6.3 入射角度 offset を考慮した解析

図 5.10~5.15 で、実測と Henke 1993 の原子散乱因子のデータテーブルから計算した反射率を比べ、角度方向にズレていることが分かった。必ずしも Henke 1993 の原子散乱因子が本測定と一緒にはないが、アライメントのズレ、ビームの変動が原因となる入射角度のズレがあると考えられる。この入射角度のズレを入射角度 offset と呼ぶ。角度反射率モデルをカーブフィットする際には、この入射角度 offset も考慮しなければならない。

6.3.1 角度スキンの解析

まずは角度スキンの解析を行った。角度スキンは角度方向のデータ点数が多いため、カーブフィッティングする際多くのパラメータをフリーにすることができる。そこで、フィッティングの際のフリーパラメータは、原子散乱因子 f_1 、 f_2 、表面粗さ、入射角度 offset である。フィット範囲は基板の Al からの反射を無視できる、 0.5° までとした。ここではエネルギースキンではフリーパラメータにできない、表面粗さと入射角度 offset を見積もることを目標とした。

そのフィット結果が図 6.25 で、それぞれのパラメータの値は表 6.4 に載せてある。フィット結果から分かる通り、系統的な残差があり χ^2_{red} がかなり大きくなってしまっている。ここにそれぞれのエネルギーの臨界角に注目すると、臨界角を挟んで双極型の残差となっている。系統的に残差がある、臨界角に対し双極型になっていることから反射率モデルに問題があることが示唆される。

6.3 入射角度 offset を考慮した解析

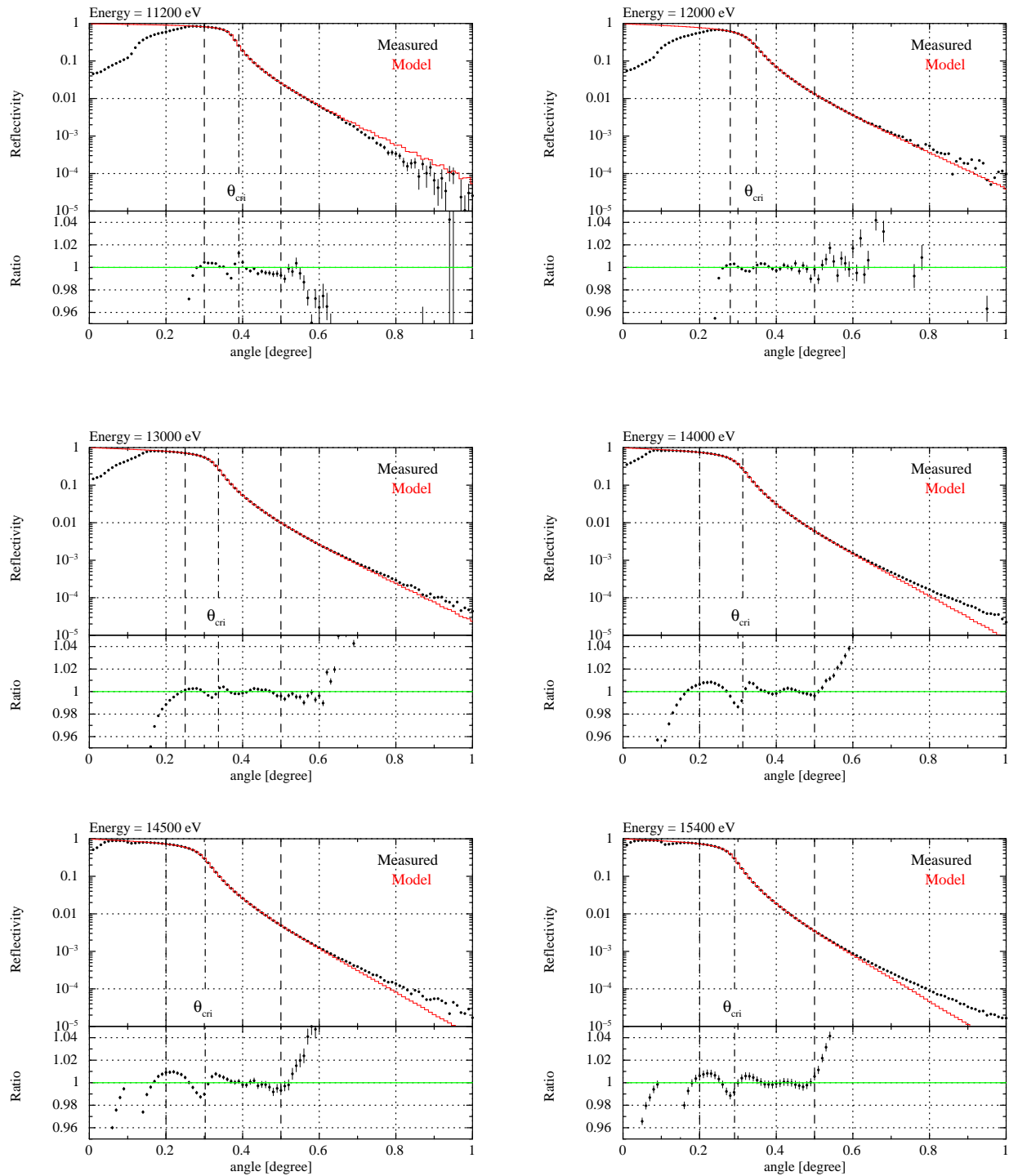


図 6.25: 角度スキャン解析結果、左上: 11.2 keV、右上: 12 keV、左中: 13 keV、右中: 14 keV、左下: 14.5 keV、右下: 15.4 keV

表 6.4: 角度スキヤン、フィット結果

Energy	11200 eV	12000 eV	13000 eV	14000 eV	14500 eV	15400 eV
Fit range [degree]	0.3-0.5	0.28-0.5	0.25-0.5	0.2-0.5	0.2-0.5	0.2-0.5
Front ¹ f_1	99.5±1.8	72.2 ±2.3	70.1±0.9	74.7 ±1.1	77.4±1.8	78.1±2.0
Front ¹ f_2	5.56±0.02	10.55 ±0.15	9.25±0.05	11.26±0.07	12.38±0.12	11.36±0.12
Front ¹ Atomic Weight	196.967	196.967	196.967	196.967	196.967	196.967
Front ¹ Density [g/cm ³]	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3
Front ¹ Thickness [Å]	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Sub ² f_1 ³	13.13	13.12	13.11	13.09	13.09	13.08
Sub ² f_2 ³	0.126	0.110	0.094	0.081	0.075	0.067
Sub ² Atomic Weight	26.982	26.982	26.982	26.982	26.982	26.982
Sub ² Density	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Roughness Model	-Nevot-Croce の粗さモデル -					
Roughness Model	9.38±0.03	8.70±0.10	8.48±0.04	8.65±0.04	8.67±0.05	8.63±0.05
Angle offset [degree]	0.087 ±0.004	0.029 ±0.006	0.004 ±0.002	0.011±0.003	0.013 ±0.004	0.008 ±0.004
χ^2_{red} (dof)	86.64 (17)	7.66 (19)	13.70 (22)	19.84 (27)	19.31 (27)	2.69 (27)

¹ Front : 反射鏡表面物質 (Au) のパラメータ² Sub : 反射鏡基板物質 (Al) のパラメータ³ 反射鏡基板の原子散乱因子は Henke 1993 のデータを基に線形補完。⁴ 粗さは表面物質、基板物質とも同じと仮定。

6.4 ビームの発散を考慮した解析

全節での角度スキャンの反射率モデルのカーブフィッティングの結果、臨界角に双極的な系統的残差が残ることが分かった。フィットした反射率モデルに問題があることが考えられる。そこで、その問題を解決するためにビームの発散角による反射率カーブの convolution を考えた。BL01B1 の反射率測定に使った輸送光学系の最下流には高次の X 線を止めるための第二ミラーが存在する。このミラーは統計を多くするために集光ミラーを使用しており、BL01B1 の実験ハッチあたりで丁度集光できるように設計されている。そのために、ビームの発散角がおよそ 1 分角程度となる。その集光ミラーとビームの影響の概念図が図 6.26 である。今回の反射率測定は非常に高い統計で測定しているため、系統誤差として無視ができない。本節では、ビームの発散角を考慮した反射率モデルを作成し、角度スキャン、エネルギースキャンのカーブフィッティングとその結果を説明する。

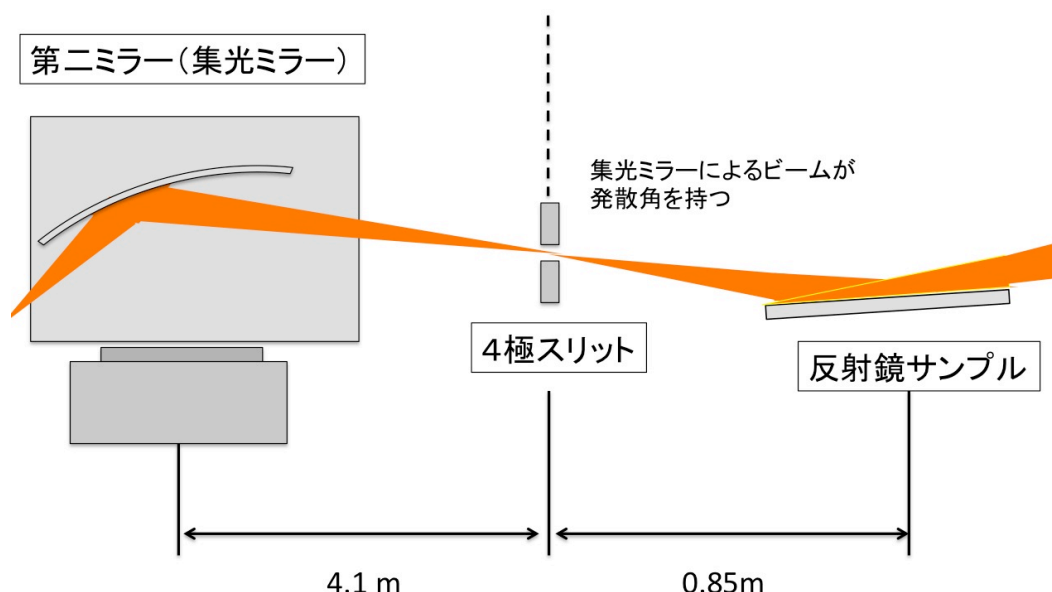


図 6.26: 集光ミラーによるビーム発散角への影響。

6.4.1 ビーム発散角の寄与と反射率モデルの修正

ビームの発散角を考慮した反射率モデルを作成した。ビームが発散角を持つことによって、反射率はその輝度分布によって convolution される。入射角 Θ で発散角で convolution された反射率 $Ref_c(\Theta)$ を求めるために、発散角を考慮しない反射率を $Ref(\theta)$ 、 Θ を中心に角度依存性をもつビーム輝度分布関数を $g(\Theta, \theta)$ とすると、

$$Ref_c(\Theta) = \int_0^\infty Ref(\theta)g(\Theta, \theta)d\theta \quad (6.2)$$

と書かれる。今回は分布関数 $g(\theta)$ を Gaussian を仮定して、ビームの発散角を θ_{div} とすると

$$g(\Theta, \theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\theta_{div}/2)^2} \exp\left(-\frac{(\theta - \Theta)^2}{2(\theta_{div}/2)^2}\right) \quad (6.3)$$

とした。この計算式を用いて、13 keV を想定して様々な発散角での反射率を計算し、その影響を調べた。図 6.27 がそのプロットで、下のグラフが発散角が 0 の場合の反射率との ratio である。その結果、臨界角より低角度側の全反射領域は反射率が下がり、高角度側は上がる。とくに臨界角前後では大きく反射率が変化してしまい、ratio は先の角度スキャンのカーブフィッティングで現れたのと同じ双極型になる。

これ以降、角度スキャン、エネルギースキャンともに式 6.2 の発散角を考慮した反射率モデルを用いて、カーブフィッティングを行った。

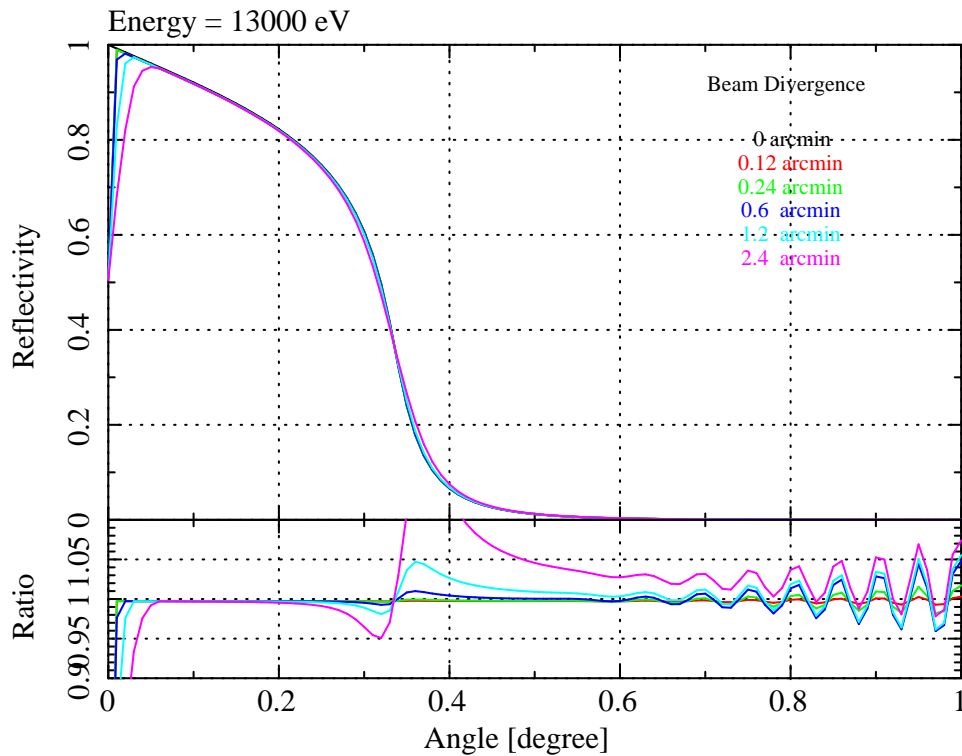


図 6.27: ビーム発散角の角度反射率への影響 (13 keV)。

6.4.2 角度スキンの解析

ビームの発散角を考慮した反射率モデルをカーブフィッティングに採用した。フリーパラメータは、原子散乱因子 f_1 、 f_2 、表面粗さ、入射角度 offset、そしてビーム発散角である。ここではエネルギースキャンではフリーパラメータにできない、表面粗さ、入射角度 offset、さらにビーム発散角を見積もることを目標とした。そのフィット結果が図 6.28 で、それぞれのパラメータの値は表 6.5 に載せてある。フィット範囲は表面粗さとビーム発散角が高角度側でカップルするため、 0.5° 以下の小さい範囲を基本としているが、実測のビームの変動と思われるうねりがあり、その影響を除けるように変更している。

解析の結果、大きく χ^2_{red} 改善した。臨界角前後の双極型の残差もほぼ無くなっている。原子散乱因子 f_1 、 f_2 も 11.2 keV、15.4 keV の結果を除けば、Henke 1993 と矛盾しない結果が得られた。11.2 keV、15.4 keV のフィット結果は図 6.31 の f_1 から分かるように、Henke から大きく離れている。それと同時に、入射角度 offset も 12~14.5 keV のトレンドと大きく違った値になっている。入射角度 offset は集光ミラー由来である考えると、単調減少するか増加するかのどちらかであるはずであるが、15.4 keV の値はそのトレンドから離れている。この二つの測定の解析結果はパラメータに制限がないためか、 f_1 が入射角度 offset などの他のパラメータとカップルしてしまい値が大きくなってしまおうと考えられる。次項では、この 11.2 keV、15.4 keV の測定のパラメータに制限を与えた再解析を行なう。

6.4 ビームの発散を考慮した解析

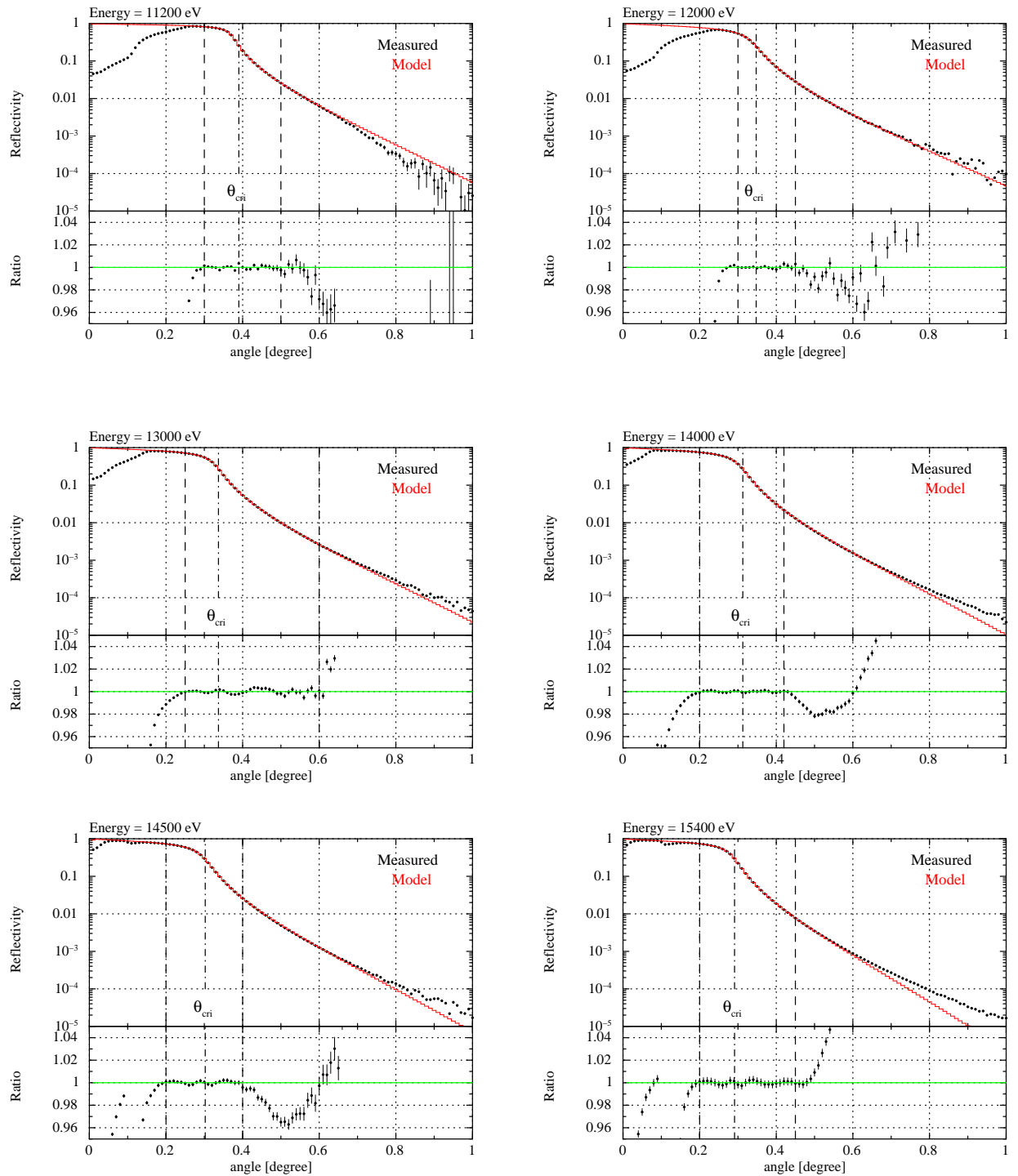


図 6.28: 角度スキャン解析結果、左上: 11.2 keV、右上: 12 keV、左中: 13 keV、右中: 14 keV、左下: 14.5 keV、右下: 15.4 keV

表 6.5: 角度スキャン、フィット結果

Energy	11200 eV	12000 eV	13000 eV	14000 eV	14500 eV	15400 eV
Fit range [degree]	0.3-0.5	0.3-0.45	0.25-0.6	0.2-0.42	0.2-0.4	0.2-0.45
Front ¹ f_1	98.7±3.7	68.4±3.5	72.1±0.5	71.3±2.3	72.7±3.6	83.57±3.4
Front ¹ f_2	5.34±0.09	10.13±0.25	9.18±0.03	10.56±0.14	11.51±0.22	11.18±0.20
Front ¹ Atomic Weight	196.967	196.967	196.967	196.967	196.967	196.967
Front ¹ Density [g/cm ³]	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3
Front ¹ Thickness [Å]	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Sub ² f_1 ³	13.13	13.12	13.11	13.09	13.09	13.08
Sub ² f_2 ³	0.126	0.110	0.094	0.081	0.075	0.067
Sub ² Atomic Weight	26.982	26.982	26.982	26.982	26.982	26.982
Sub ² Density	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Roughness Model	-Nevot-Croce の粗さモデル -					
Roughness [Å] ⁴	9.38±0.07	8.48±0.21	8.52±0.02	8.39±0.10	8.34±0.16	8.67±0.07
Angle offset [degree]	0.086±0.009	0.020±0.009	0.009±0.001	0.005±0.005	0.005±0.008	0.020±0.007
Beam Divergence [arcmin]	0.67±0.01	0.70±0.08	0.66±0.03	1.12±0.04	1.16±0.05	0.97±0.10
χ^2_{red} (dof)	7.59 (16)	0.91 (12)	3.36 (31)	0.30 (19)	1.30 (16)	0.26 (22)

¹ Front : 反射鏡表面物質 (Au) のパラメータ² Sub : 反射鏡基板物質 (Al) のパラメータ³ 反射鏡基板の原子散乱因子は Henke 1993 のデータを基に線形補完。⁴ 粗さは表面物質、基板物質とも同じと仮定。

6.4 ビームの発散を考慮した解析

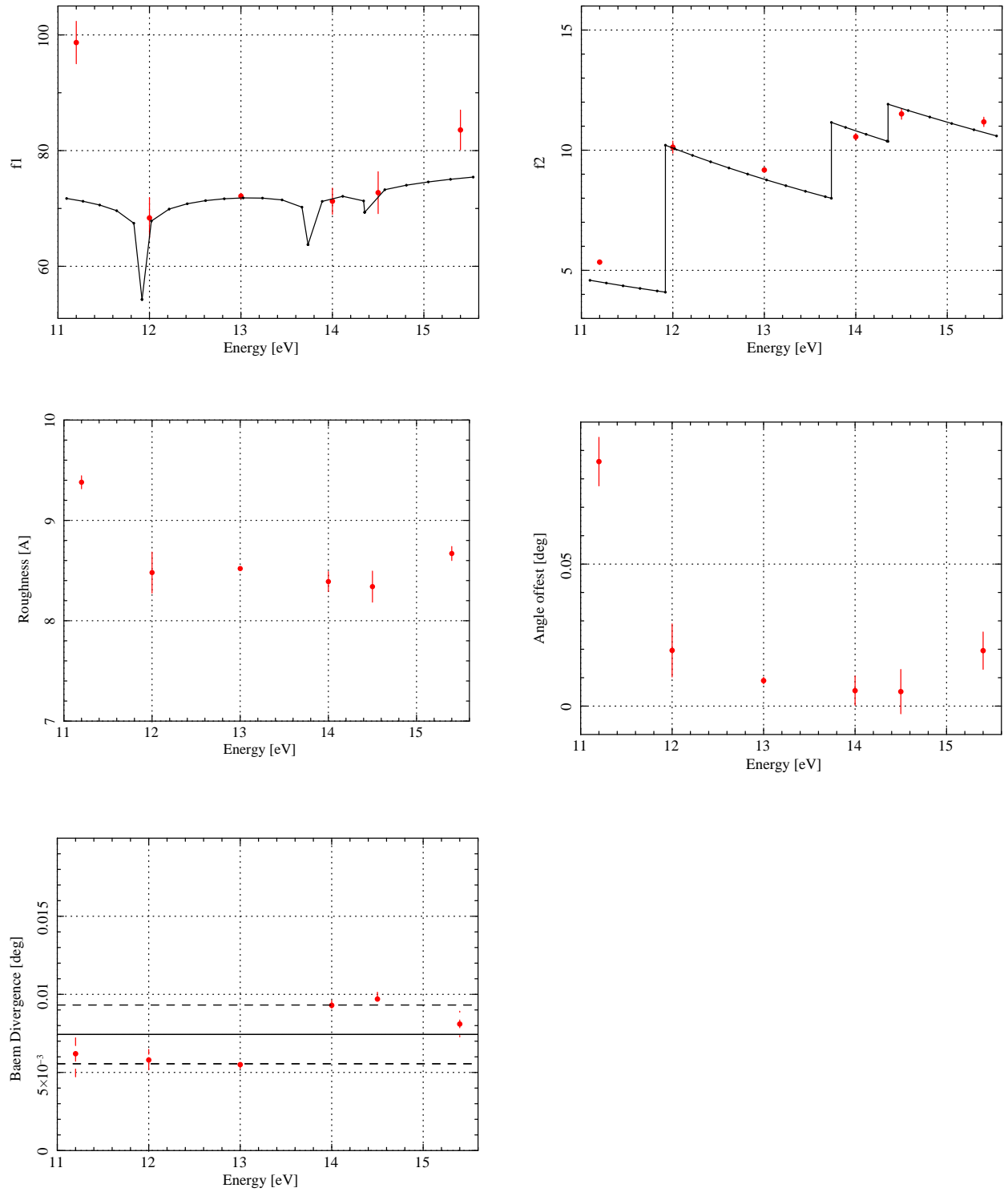


図 6.29: 角度スキャン解析結果、左上: f_1 、右上: f_2 、左中: 表面粗さ、右中: 入射角度 offset、左下: ビーム発散角。

6.4.3 角度スキンの解析 (11.2 keV、15.4 keV の再解析)

11.2 keV、15.4 keV の角度スキンの解析結果はパラメータに制限がないため、 f_1 が他のパラメータとカップルし大きくなってしまふことが考えられる。そのため、角度スキンの解析の5つのフリーパラメータの中で、どれかを固定するか制限をかけることを考えた。この中、表面粗さが12 ~ 14.5 keV でほとんどエネルギー依存性がほぼないことが前項の角度スキンの解析結果で分かった。また宇宙研 30 m ビームラインの8.05 keV のX線反射率測定の結果もほぼ同じ結果が得られている。12 ~ 14.5 keV の表面粗さの結果の平均を取ると、 $8.43 \pm 0.07 \text{ \AA}$ となる。そこで、他のエネルギーで得られた結果の平均、 8.43 \AA に固定して、11.2 keV、15.4 keV の角度スキンの再解析を行った。

まず、一度カーブフィッティングを行うが、11.2 keV では大きく残差が残ってしまった。そのため、その残差の分系統誤差があると考え、実測の反射率とモデルのratioの 1σ を調べ、誤差として見積もった。このratioの 1σ は0.64 %となった。その誤差を実測の反射率データの誤差として採用し、もう一度カーブフィッティングを行った。その結果が図 6.30 と表 6.6 である。解析結果、 f_1 、 f_2 とも Henke 1993 と似た値になることが分かった。

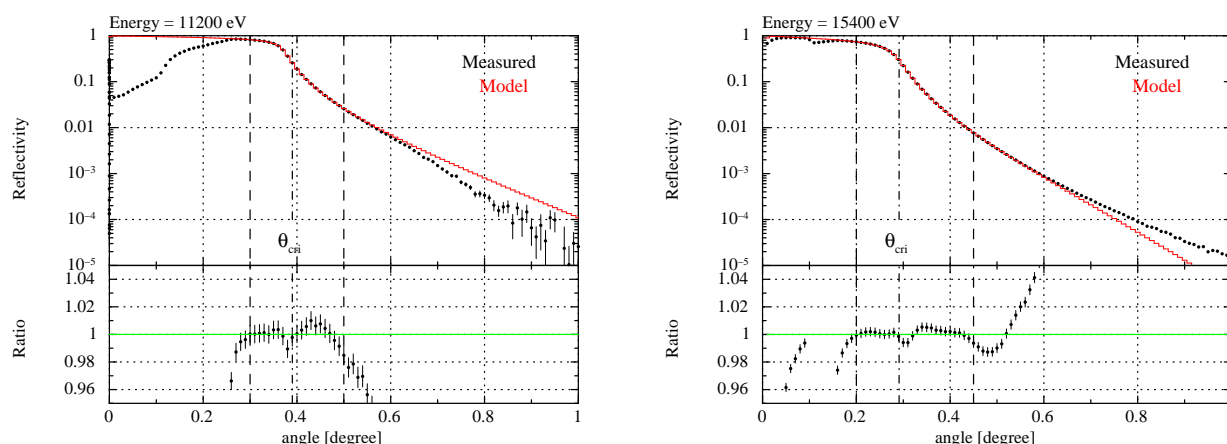


図 6.30: 11.2 keV、15.4 keV のフィット結果

また角度スキンの解析結果で得られたパラメータをプロットすると図 6.31 のようになる。原子散乱因子 f_1 は入射角度 offset にパラメータがカップルするため誤差が大きくなってしまふものの、Henke 1993 と矛盾しない結果になった。 f_2 もほぼ Henke 1993 に近い結果となった。

入射角度 offset は右肩下がりの傾向が現れていることが分かった。これは第二ミラーの集光鏡によるビームの照射位置の変動が、ビームの方向の変動として観測できているのだと考えられる。ここで入射角度 offset を一次関数でフィッティングを行った。ここで得られた入射角度 offset の変動を見積もる関数を仮定し、エネルギースキンの適用する。

ビーム発散角は低エネルギー側と高エネルギー側で変動がある。エネルギースキンの解析の際に固定するための発散角の値は、角度スキンの解析結果の平均とし、低エネルギー側、高エネルギー側の変動を系統誤差とした。

結果、エネルギースキンで固定するパラメータは表 6.7 の通りである。

表 6.6: 角度スキャン、フィット結果

Energy	11200 eV	15400 eV
Fit range [degree]	0.3-0.5	0.2-0.45
Front ¹ f_1	69.38 \pm 1.26	74.27 \pm 0.75
Front ¹ f_2	4.53 \pm 0.09	10.66 \pm 0.07
Front ¹ Atomic Weight	196.967	196.967
Front ¹ Density [g/cm ³]	19.3	19.3
Front ¹ Thickness [\AA]	2000	2000
Sub ² f_1 ³	13.13	13.08
Sub ² f_2 ³	0.126	0.067
Sub ² Atomic Weight	26.982	26.982
Sub ² Density	2.7	2.7
Roughness Model	-Nevot-Croce の粗さモデル -	
Roughness [\AA] ⁴	8.43	8.43
Angle offset [degree]	0.0114 \pm 0.0038	0.0014 \pm 0.0016
Beam Divergence [arcmin]	0.74 \pm 0.18	1.01 \pm 0.10
χ^2_{red} (dof)	0.95 (17)	1.41 (23)

¹ Front : 反射鏡表面物質 (Au) のパラメータ² Sub : 反射鏡基板物質 (Al) のパラメータ³ 反射鏡基板の原子散乱因子は Henke 1993 のデータを基に線形補完。⁴ 粗さは表面物質、基板物質とも同じと仮定。

表 6.7: エネルギースキャンで固定するパラメータまとめ

Roughness [\AA]	8.43
Angle offset [degree]	$-0.00294 \times \text{Energy}[\text{keV}] + 0.047$
Beam Divergence [arcmin]	$0.9 \pm 0.2 \text{\AA}$

6.4 ビームの発散を考慮した解析

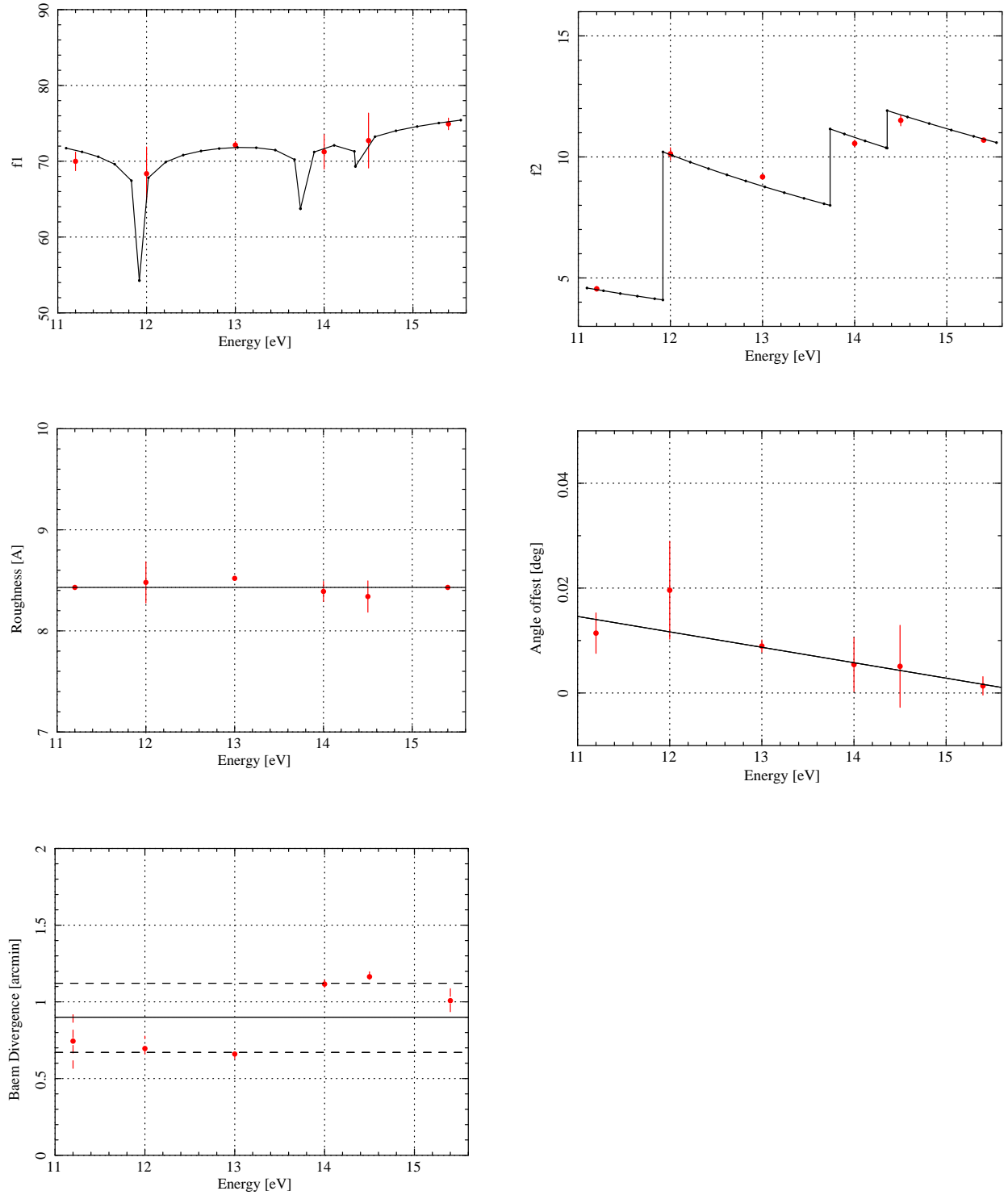


図 6.31: 角度スキャン解析結果、左上: f_1 、右上: f_2 、左中: 表面粗さ、右中: 入射角度 offset、左下: ビーム発散角。

6.4.4 エネルギースキャンの解析

角度スキャンで得られた f_1 、 f_2 以外のパラメータを用いて、エネルギースキャンの解析を行った。表 6.8 にパラメータの解析条件をまとめる。

表 6.8: エネルギースキャン解析条件

Fit range [degree]	0.3-0.6
Front ¹ f_1	Free
Front ¹ f_2	Free
Front ¹ Atomic Weight	196.967
Front ¹ Density [g/cm ³]	19.3
Front ¹ Thickness [Å]	2000
Sub ² f_1	Henke 1993 を線形補完
Sub ² f_2	Henke 1993 を線形補完
Sub ² Atomic Weight	26.982
Sub ² Density	2.7
Roughness Model	–Nevot-Croce の粗さモデル –
Roughness [Å] ³	8.43
Angle offset [degree]	$-0.00294 \times \text{Energy}[\text{keV}] + 0.047$
Beam Divergence [arcmin]	0.9 ± 0.2

¹ Front : 反射鏡表面物質 (Au) のパラメータ

² Sub : 反射鏡基板物質 (Al) のパラメータ

³ 粗さは表面物質、基板物質とも同じと仮定。

各エネルギーごとに角度反射率を抽出し、角度スキャンと同じようにカーブフィッティングを行うことで、原子散乱因子 f_1 、 f_2 を導出した。その結果を f_1 、 f_2 を横軸エネルギーにプロットし、グラフが図 6.32 である。そして、その各吸収端付近の拡大図が図 6.33 である。Henke 1993 の f_1 、 f_2 と比較すると、解析で導いた f_1 、 f_2 には吸収端付近の XAFS が確認できる。Au-L₃ edge 付近では、非常に高精度な測定と解析に成功したと言える。しかしながら、角度スキャンの f_1 、 f_2 と比較すると、 f_1 は誤差の範囲内で一致するが、 f_2 は 14.5 keV、15.4 keV の f_2 が一致しない。角度スキャンの解析結果から、 f_2 はほぼ Henke 1993 と似た結果になると思われるが、エネルギースキャンの結果は 14 keV 付近から、Henke 1993 と比べ最大 1 割ほどずれていくことが分かる。

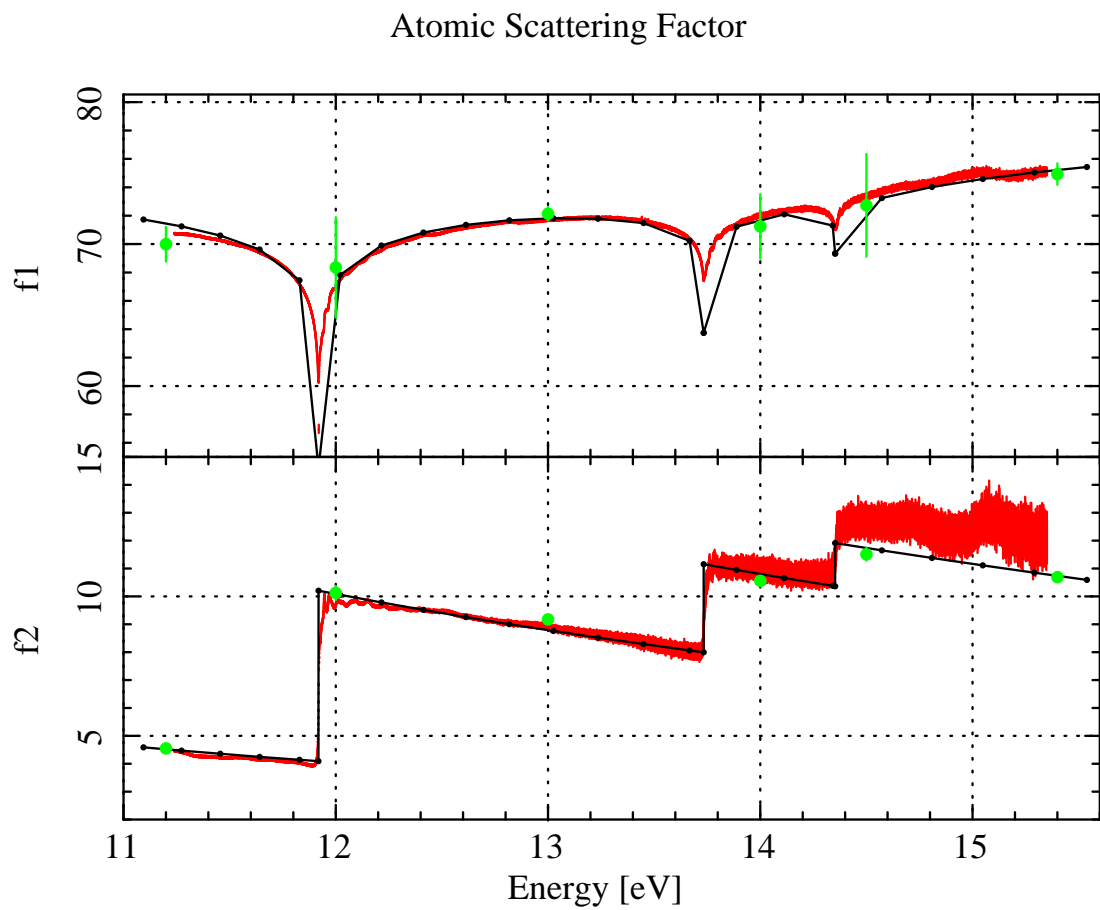


図 6.32: 反射率モデルフィットにより得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2 。赤；エネルギースキャン、緑：角度スキャン。14.5 keV と 15.4 keV で解析結果が一致しない。

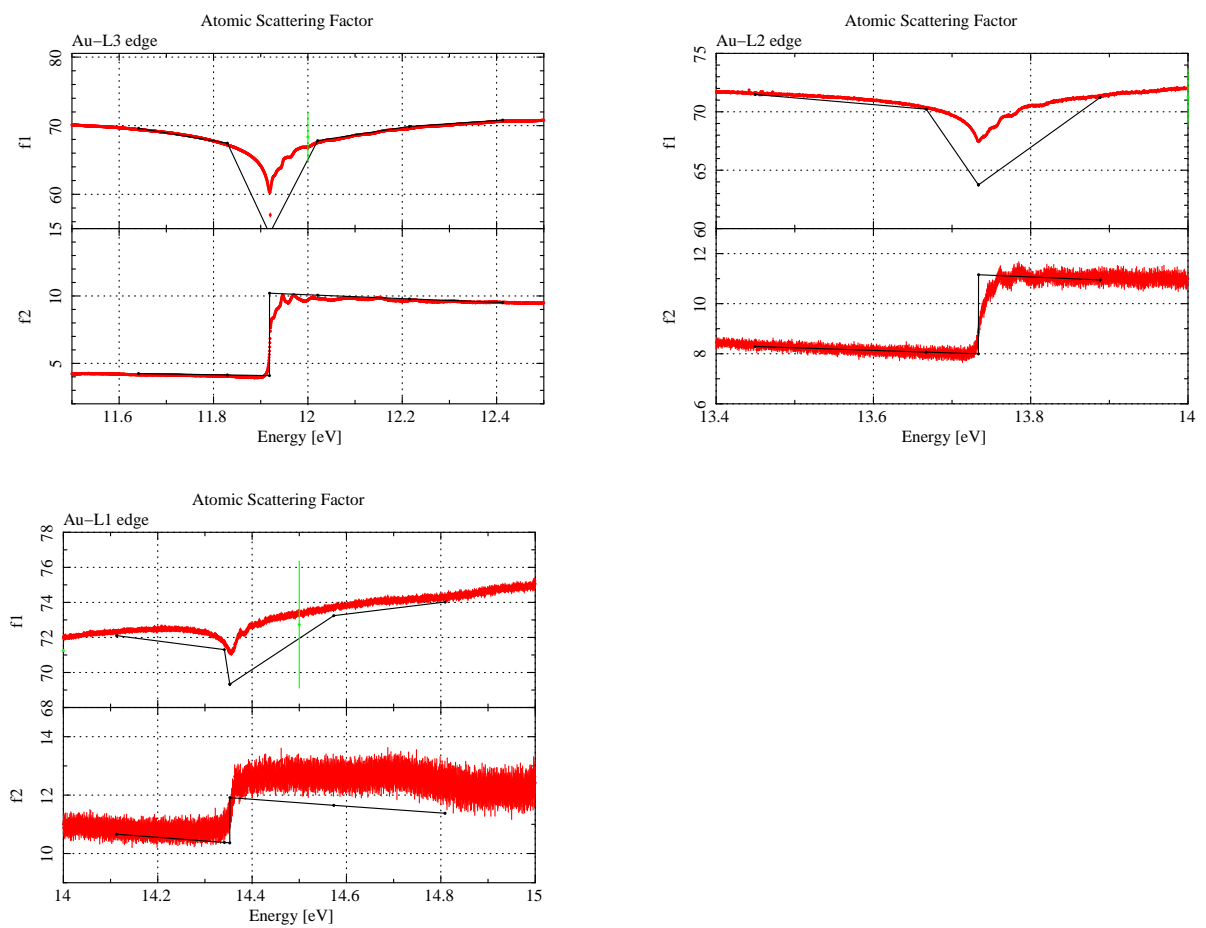


図 6.33: f_1 、 f_2 の結果の拡大図、左上 : Au-L₃ edge 付近、右上 : Au-L₂ edge 付近、左下、Au-L₁ edge 付近。

6.5 エネルギースキャン 0.2 °の反射率データの補正

前節までで角度スキャン、エネルギースキャンの解析から原子散乱因子 f_1 、 f_2 を導出したが、14.5 keV と 15.4 keV で双方の f_2 の解析結果が一致しない。角度スキャンの解析結果から f_2 は Henke 1993 とほぼ同じになると考えられるが、エネルギースキャンの解析結果は 14 keV 以上で Henke 1993 よりも大きくなってしまふことが図 6.32 から分かる。

角度スキャン、エネルギースキャンの解析を一致させるために注目をしたのは f_2 の反射率の寄与と臨界角の関係である。14.5 keV と 15.4 keV の角度反射率と f_2 の寄与を図 6.34 に載せる。 f_2 の判定は臨界角より低角度側の反射率データが必要であることが分かる。エネルギースキャンの解析では、0.2 °の反射率はビームが全面に当たっておらず、正しく測定できていないと考えられるため、0.3-0.5 °のデータを用いている。しかし、14 keV の臨界角は 0.3 °であり、それ以上のエネルギーになると f_2 の導出に必要な反射率データが無くなってしまふ。これが、 f_2 が正しく求められない原因となっていると考えた。

臨界角の以下の反射率データの必要性から、エネルギースキャンの 0.2 °反射率の補正を試み、角度スキャン、エネルギースキャンの双方から得られる f_1 、 f_2 に矛盾のない解析を目指した。本節では 0.2 °のデータの補正の方法と、その解析結果について説明する。

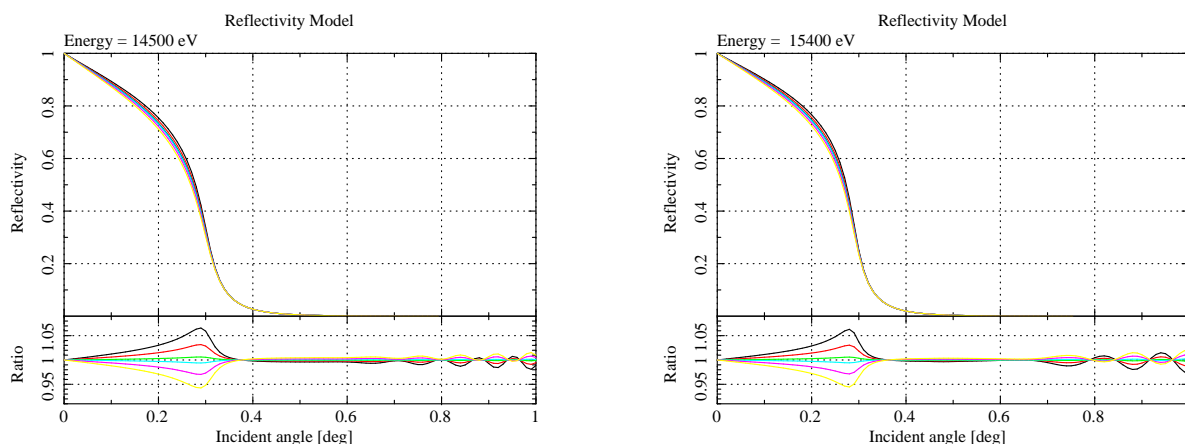


図 6.34: f_2 の値による反射率への寄与 (左図：14.5 keV、右図：15.4 keV)。Henke 1993 を参照し、 f_2 が 0.9 倍- 1.1 倍の反射率を計算し、比較した図。

6.5.1 0.2 °のエネルギースキャンと角度スキャンの比

f_2 の解析には臨界角より小さい角度のデータが必要であるが、14 keV 以上は臨界角が 0.3 °以下となり、 f_2 が正しく導出することができないと考えられる。そのため、エネルギースキャンの 0.2 °のデータを補正し、解析に導入することを目的とした。

補正するために、まず角度スキャンとエネルギースキャンの 0.2 °の反射率の ratio を取った (図 6.35)。(しかしエネルギースキャンのデータ反射率データは 11.2403~15.3501 keV までである。ただし、11.2 keV と 15.4 keV のデータとの 0.2 °の反射率の違いは計算上では 0.1% 以下であり、誤差の範囲でこの違いは無視でき、角度スキャンの 11.2 keV と 15.4 keV の反射率デー

タは、それぞれ 11.2403 keV、15.3501 keV のデータと比較した。) この ratio 14 keV 以上では、エネルギースキャンの 0.2 °の反射率測定の際、どの割合ビームが反射率に当たっていないかを示しており、例えば 15.4 keV では 8 %のビームを漏れこぼしていることが分かる。14~15.4 keV の角度スキャンの 0.2 °のデータはモデルフィット範囲に入ることから、反射率が正しく測定できていると言える。これらのデータを基準とし、0.2 °のデータを補正するための補正関数を考えた。

次に 14~15.4 keV の ratio を補完するような補正関数を考える。ratio のデータ点は 3 点あるので、二次関数を仮定した。その結果が図 6.36 である。

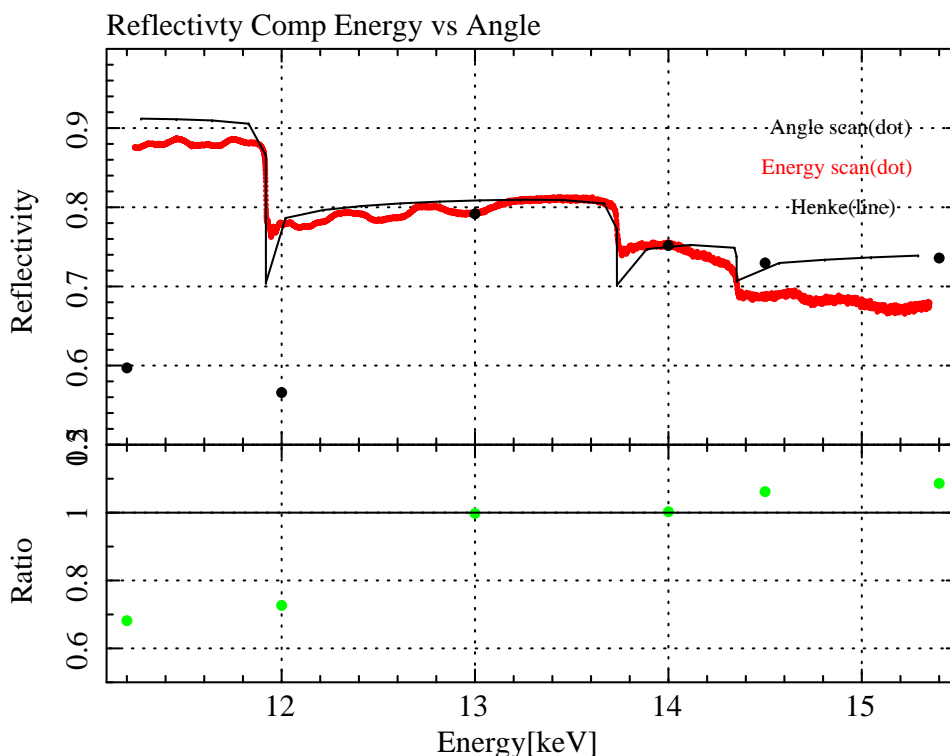


図 6.35: 角度スキャンとエネルギースキャンの反射率の比較とその比

この補正関数で補正を行ったエネルギースキャンの 0.2 °は図 6.37 のようになる。補正は 14 keV 以上で行った。この結果、補正された 0.2 °のデータは参照の Henke 1993 から計算した反射率と近い結果になった。次項ではこの反射率の誤差評価を行い、補正した 0.2 °のデータを用いて、エネルギースキャンのカーブフィッティングを行った。

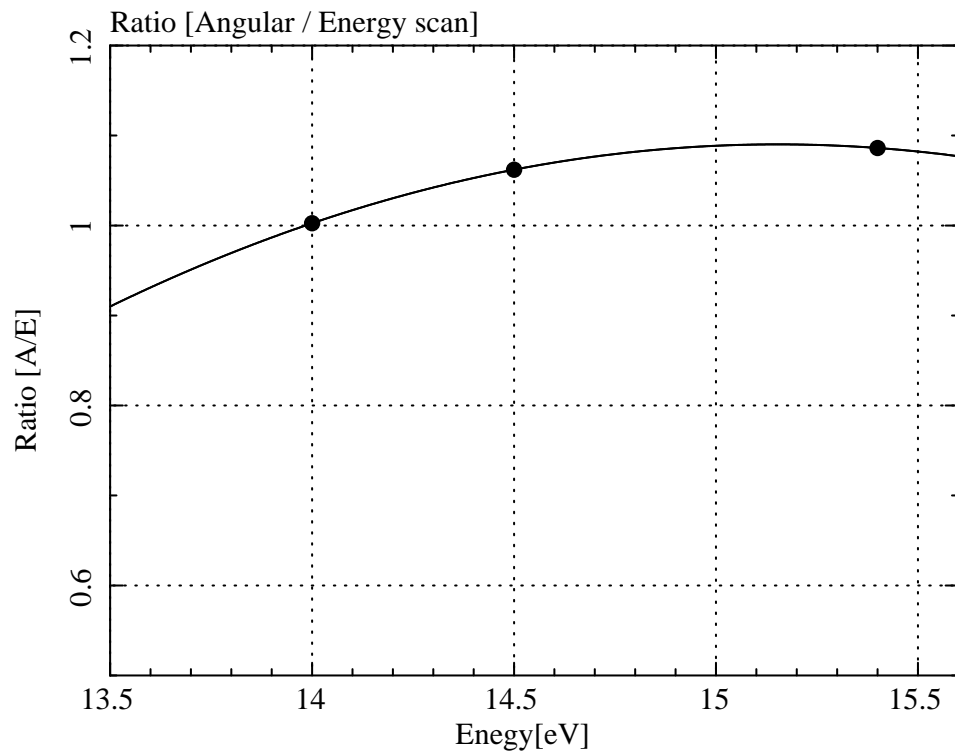


図 6.36: 角度スキャンとエネルギースキャンの比と、14 keV 以上の補正関数

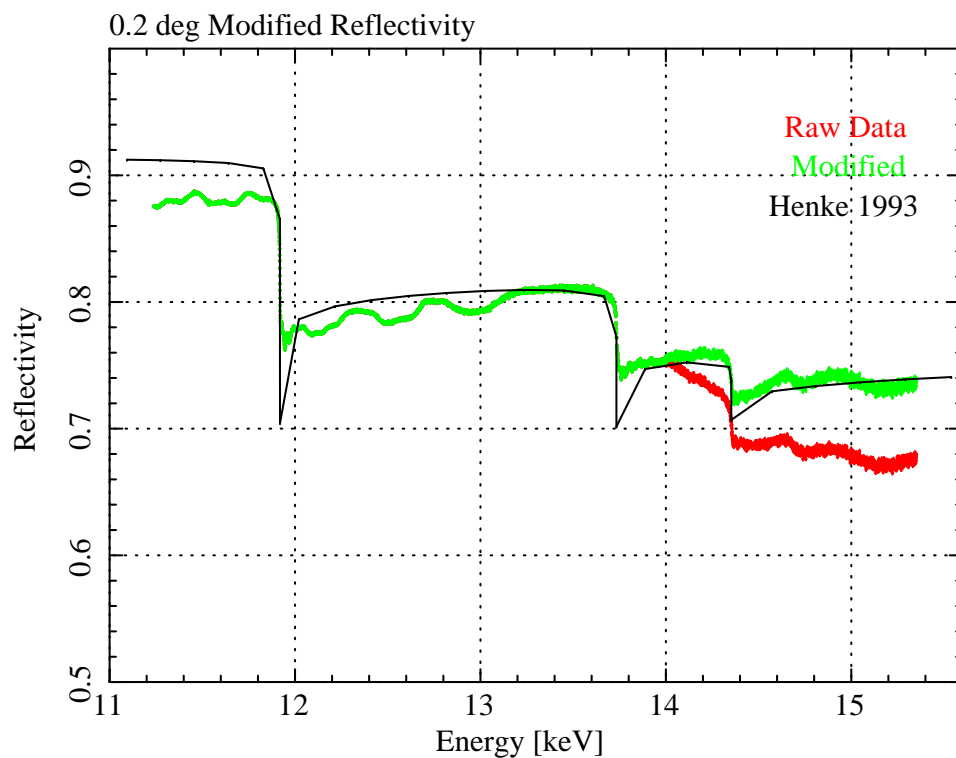


図 6.37: 補正したエネルギースキャン 0.2 °の反射率データとその比較

6.5.2 0.2 °のエネルギースキャンの誤差評価

前項で得られた補正されたエネルギースキャンの 0.2 °の反射率の誤差評価を行った。0.2 °の反射率も 0.3 °同様、XAFS が現れないエネルギー帯で、反射率が「うねる」現象が見られる。エネルギースキャンの 0.2 °の反射率はビームが全部反射鏡に当たっていないので、わずかなビームの位置、方向の変動が「うねる」現象に繋がっていると考えられる。0.2 °のエネルギースキャンの誤差評価は、「うねる」ことによる系統誤差を求めることによって行った。誤差評価する領域は、解析結果が一致しない Au-L₁ edge 以上のエネルギーの 14.5~15.35 keV で行った。0.3 °の誤差評価同様、この反射率に適当な関数 (二次関数) をフィットし、その ratio を求めた。そして、その ratio の 1 σ を誤差として評価した。0.2 °の反射率に適当な関数をフィットした結果が図 6.38 である。またその結果得られた、0.2 °の反射率の誤差は表 6.9 にまとめる。

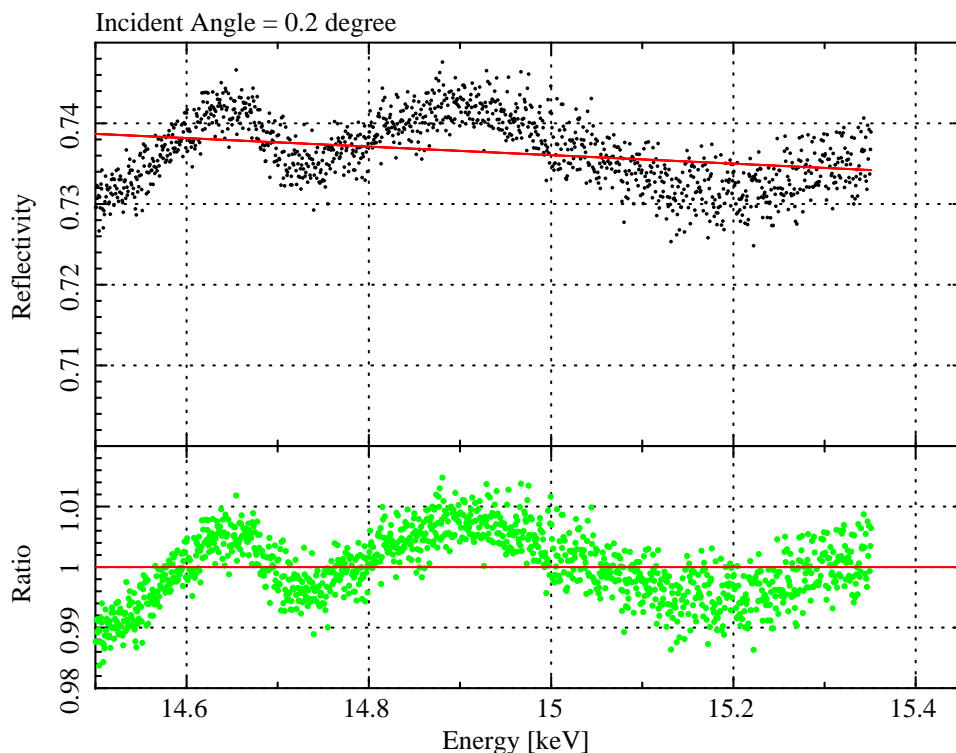


図 6.38: 0.2 °の反射率と近似モデルの ratio

表 6.9: 0.2 °の反射率の ratio の 1 σ

入射角度 [degree]	エネルギー範囲 [keV]	Ratio の 1 σ
0.2	14.5-15.4	5.4×10^{-3}

6.5.3 エネルギースキャンの解析

前項に誤差評価の結果をエネルギースキャンの 0.2 °の誤差として適用し、エネルギースキャンの解析を行った。前節と同様、エネルギースキャンの結果からエネルギーごとに角度反射率を抽出し、反射率モデルのカーブフィッティングによって原子散乱因子 f_1 、 f_2 を求めた。表 6.10 にパラメータの解析条件をまとめる。

表 6.10: エネルギースキャン解析条件

Fit range [degree]	0.3-0.6(11.24-14 keV) 0.2-0.6(14-15.35 keV)
Front ¹ f_1	Free
Front ¹ f_2	Free
Front ¹ Atomic Weight	196.967
Front ¹ Density [g/cm ³]	19.3
Front ¹ Thickness [Å]	2000
Sub ² f_1	Henke 1993 を線形補完
Sub ² f_2	Henke 1993 を線形補完
Sub ² Atomic Weight	26.982
Sub ² Density	2.7
Roughness Model	–Nevot-Croce の粗さモデル–
Roughness [Å] ³	8.43
Angle offset [degree]	$-0.00294 \times \text{Energy}[\text{keV}]$ ⁽⁴⁾ 0.047
Beam Divergence [arcmin]	0.9 ± 0.2

¹ Front : 反射鏡表面物質 (Au) のパラメータ

² Sub : 反射鏡基板物質 (Al) のパラメータ

³ 粗さは表面物質、基板物質とも同じと仮定。

⁴ E : エネルギー [keV]

この解析の結果の f_1 、 f_2 を横軸エネルギーにプロットし、グラフが図 6.39 である。そして、その各吸収端付近の拡大図が 6.40 である。図 6.39 から分かる通り、14 keV 以上の f_2 が Henke 1993 により近くなり、角度スキャンの解析結果と一致する結果が得られた。0.2 °の反射率を用いたことで、双方に矛盾しない結果が得られたことから、角度依存性のデータ点が少ない反射率測定をする際、臨界角より低角度側の反射率データが必要であることが分かった。しかし、角度スキャンとエネルギースキャンで矛盾しない結果が得られたものの、Au-L₁ edge より高エネルギー側に XAFS のでない領域で f_2 が「うねる」現象が見られる。これは 0.2 °の「うねり」の情報がそのまま f_2 に反映されていると考えられる。

以後、この本研究で得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2 を SPring-8 2014 と呼ぶ。

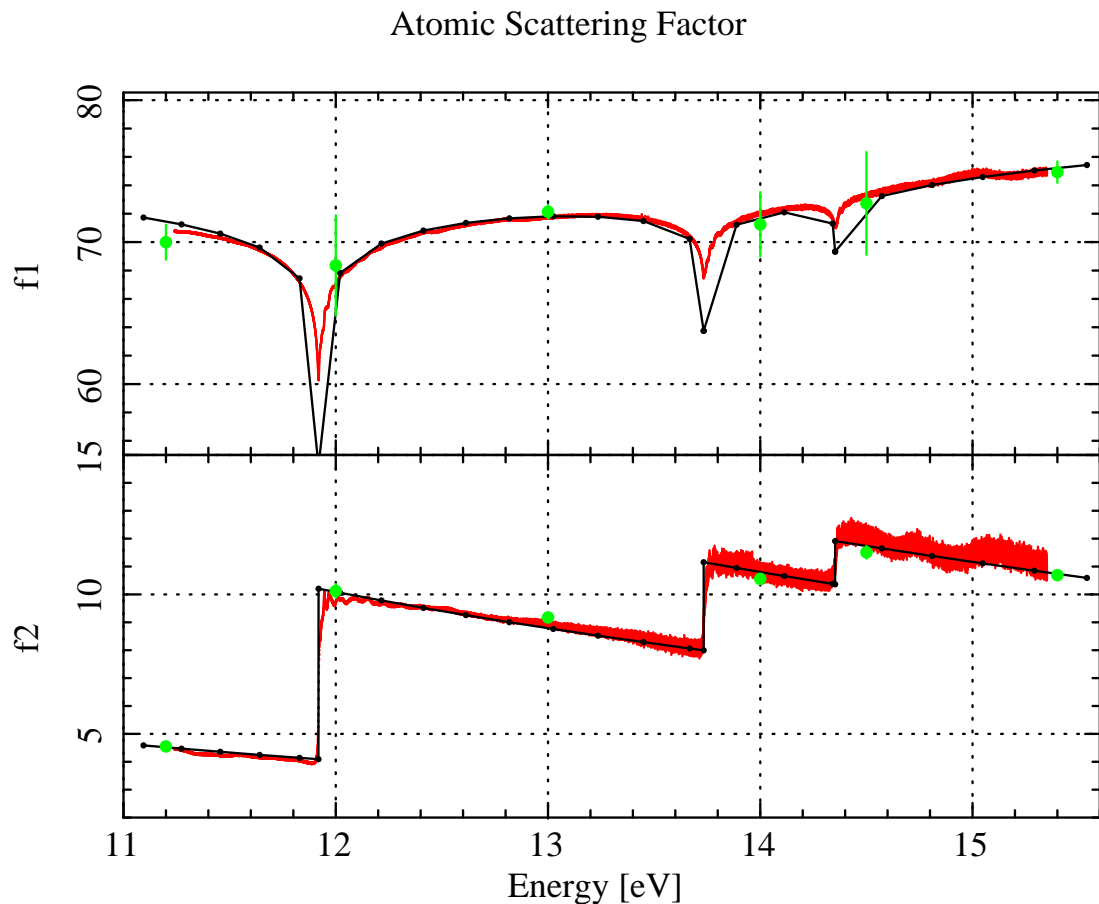
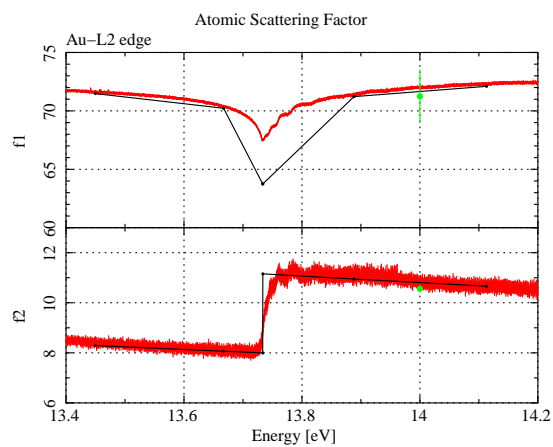
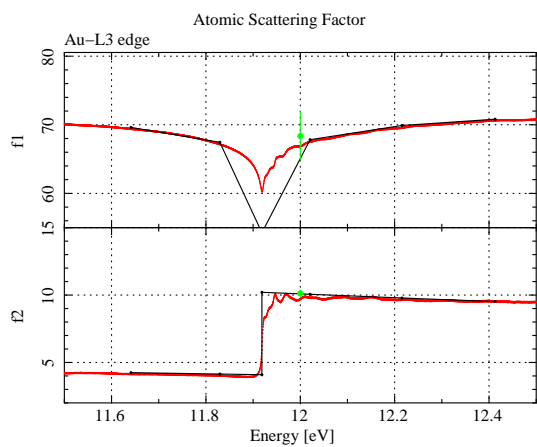


図 6.39: 反射率モデルフィットにより得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2 。赤：エネルギースキャン、緑；角度スキャン。



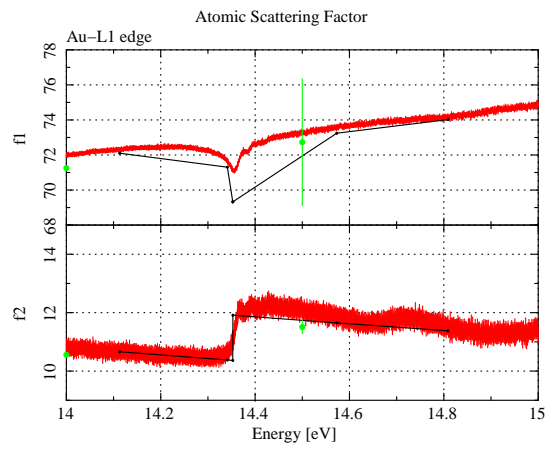


図 6.40: 反 f_1 、 f_2 の結果の拡大図、左上 : Au-L₃ edge 付近、右上 : Au-L₂ edge 付近、左下、Au-L₁ edge 付近。

第7章 考察

7.1 分散関係を用いた原子散乱因子 f_1 、 f_2 の検証

原子散乱因子 f_1 、 f_2 には Kramers-Kronig の関係式を基にした分散関係が存在し、Henke 1993 の原子散乱因子は以下の式で求められている。

$$f_1(E, 0) = Z - \Delta_{rel} + \frac{1}{\pi r_e h c} \int_0^\infty \sigma(\epsilon) \frac{\epsilon^2}{E^2 - \epsilon^2} d\epsilon \quad (7.1)$$

$$f_2(E, 0) = \frac{1}{2\pi r_e h c} E \sigma(E) \quad (7.2)$$

これを式変形すると、

$$f_1(E, 0) = Z - \Delta_{rel} + \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\epsilon f_2(E, 0) d\epsilon}{E^2 - \epsilon^2} \quad (7.3)$$

と表され、全エネルギーで f_2 が求められるとあるエネルギー E の f_1 が一義的に決定される。本研究で得られた f_1 、 f_2 は独立に求めており、この関係式を全く考慮してこなかった。しかしながら、 f_1 、 f_2 は分散関係が成り立つため、独立に求めてもその関係を壊すことは無いと考えられる。つまり、この関係式を用いれば本研究で得られた f_1 、 f_2 の結果の検証を理論的側面から行える。

本節では、この分散関係式を用いて、本研究で得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2 の結果 (SPring-8 2014) の検証を行い、その方法、結果を説明する。

7.1.1 計算に用いる f_2

分散関係の積分範囲は $0 \sim \infty$ なので、今回得られた f_2 (11.2-15.4 keV) だけではデータ点が足りない。そこで、低エネルギー側の f_2 は実測に基づいた Henke 1993 を採用した。ただし、Henke 1993 は 30 keV までのデータ点しかないので、さらに高エネルギーの f_2 の table には NIST の atomic form factor (atomic scattering factor と同じ) のデータベースを用いた。NIST のデータベースは 30 keV で Henke1993 とオーバーラップするため、30 - 433 keV までの f_2 を採用した。表 7.1 に f_1 を求めるために使用した f_2 の reference をまとめてある。

表 7.1: 計算に用いた f_2

Energy Range	Reference
0.01- 11.2 keV	Henke 1993
11.2-15.4 keV	SPring-8 2014
15.4- 30 keV	Henke 1993
30 - 433 keV	NIST Data base

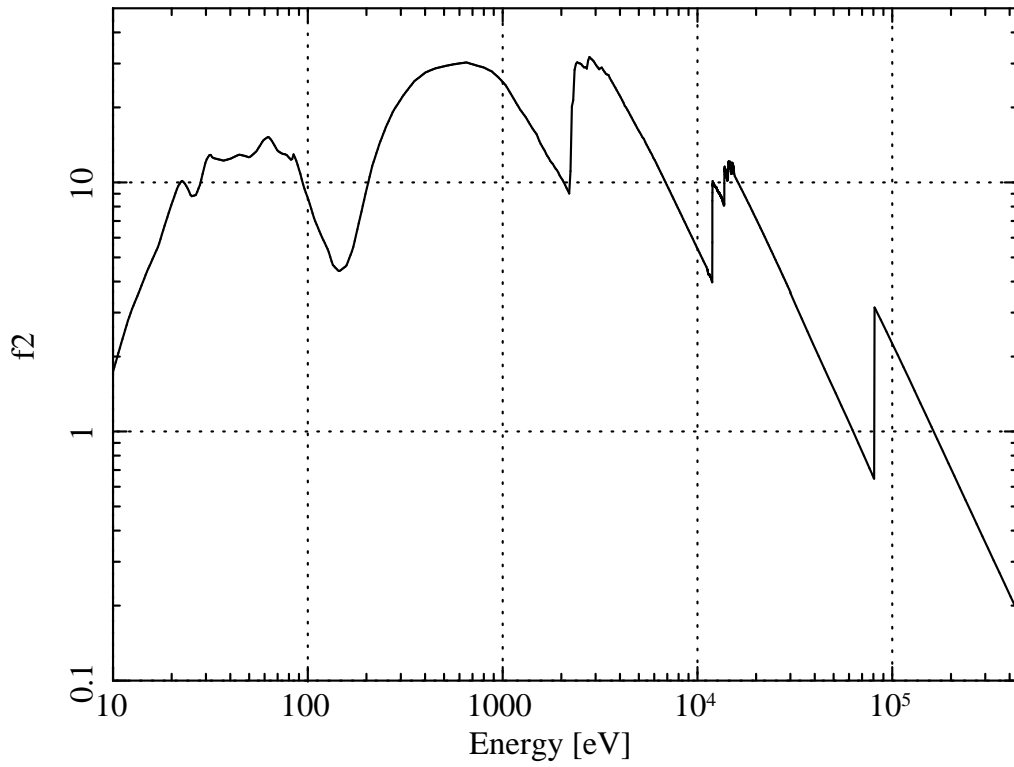


図 7.1: 計算に用いた f_2

7.1.2 分散関係を用いて、 f_2 から f_1 を計算

前項で組み合わせた f_2 を用いて、分散関係式による f_1 の計算を行った。計算は細かいエネルギーメッシュを定義し、数値計算によって行った。その際 f_2 のデータ点がないエネルギーは、線形補完によって f_2 を仮定した。積分範囲はデータ点がある 0.01 - 433 keV までとした（この計算方法により 0.06 % に精度で Henke1993 の結果を再現でき、本測定の誤差に対して無視できるレベルである。）。その計算結果と、解析で得られた f_1 を比較した図が図 7.2 である。

この結果、実測の解析から得た f_1 と分散関係で得られた f_1 の差は最大で 1% と大きく変わらないことが分かった。Au- L_3 edge から Au- L_2 edge の間では $\sim 0.3\%$ と非常に良く一致した結果となった。さらに吸収端の形状、深さは双方ともほぼ同じ結果となり、本研究の信頼性が高いと言える。まとめると、1 % 以内で本研究で得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2 が分散関係を満たし、吸収端の構造も正しく把握できたと言える。

以後、SPring-8 2014 の f_2 と、そこから計算された f_1 のデータテーブルのことを SPring-8 2014-2 と呼ぶ。

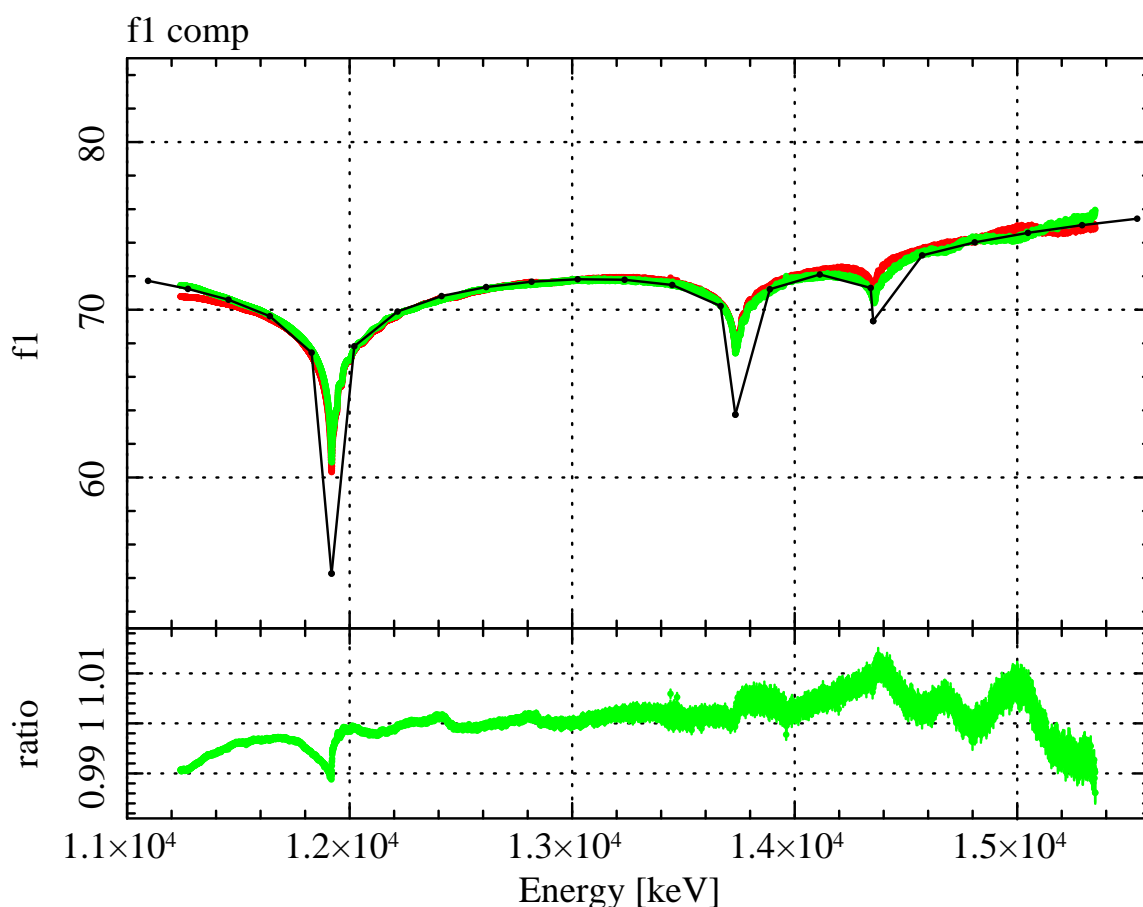


図 7.2: 実測の解析で得られた f_1 (SPring-8 2014)、分散関係の計算値 (SPring-8 2014-2) との比較。赤：SPring-8 2014、緑：SPring-8 2014-2、黒線：Henke 1993

7.2 有効面積の計算と比較

応答関数の構築で目指すのは、正確な有効面積を計算することである。今まで reference としてきた原子散乱因子から計算した有効面積と比べ、本研究で得られたものとどのように違ってくるかを確認したい。本来であれば Ratracing シミュレータを使用して有効面積を計算すべきだが、この節では他の原子散乱因子を reference とした時の有効面積との比較を行いたいため、(3.2) 式の開口面積と反射率の二乗をかける方法で計算を行った。参照文献として用いた原子散乱因子は Henke 1993、NIST のデータベース、Sasaki 1989 とした。そして、本研究の実測のカーブフィッティングで得られた原子散乱因子 (SPring-8 2014) と、その f_2 から分散関係で得られた f_1 のデータテーブル (SPring-8 2014-2) の二つの有効面積も計算を行い比較を行った。

その有効面積の計算結果が図 7.3 上である。Ratio は SPring-8 2014 の f_1 、 f_2 を用いた有効面積を基準としている。この結果、本研究の結果と参照文献との大きな違いは、吸収端の振舞であることがすぐに分かる。SPring-8 2014 と比べ、Henke 1993 では Au-L₃ edge、Au-L₂ edge、Au-L₁ edge での Ratio が 1.5 倍、1.3 倍、1.15 倍もズレていることが分かる。NIST のデータベースは、本研究と比べ吸収端のエネルギーにおける位置が違い、大きな ratio の差が存在する。Sasaki 1989 と比べると、Henke 1993 と同様に吸収端との ratio が大きく 1 から離れてしまう。対して、SPring-8 2014 の f_2 から分散関係を用いて得た f_1 を用いた SPring-8 2014-2 から計算した有効面積は 2 % 以内で一致することが分かった (f_1 同士は 1% 以内だが、反射率の二乗で誤差が大きくなる)。逆に言うと、応答関数の系統誤差は 2 % 程度であると言え、X 線の観測において比較的小さな誤差であると言える。

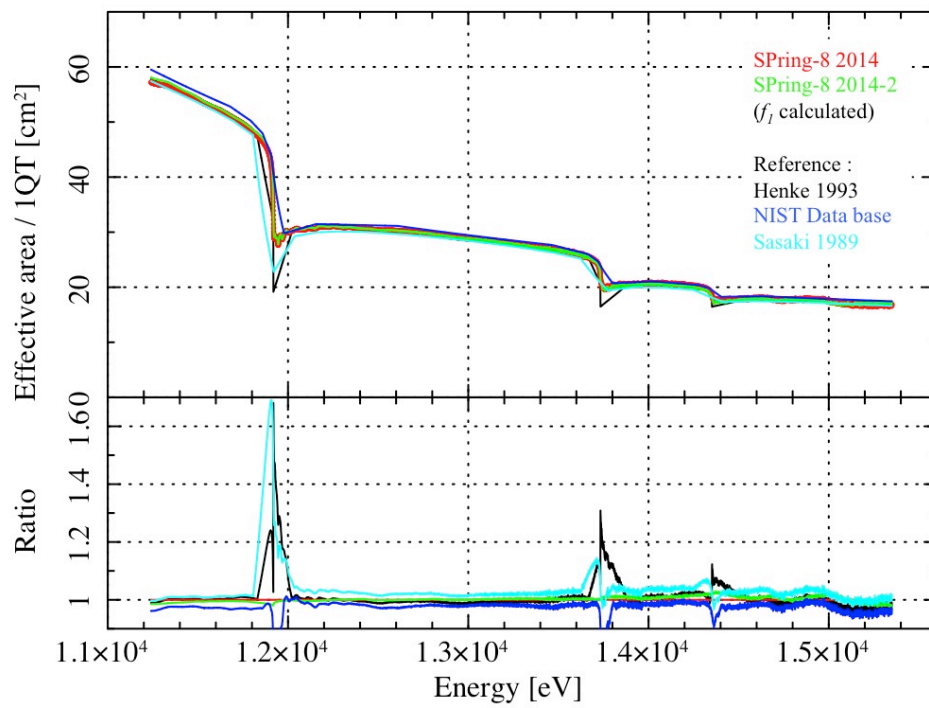


図 7.3: 有効面積の比較 (暫定 version)。黒 : Henke 1993、青 : NIST、水色 : Sasaki 1989、赤 : SPring-8 2014、緑 : SPring-8 2014-2

第8章 まとめと今後

8.1 まとめ

本研究はSXSの高い分光性能に対応できる正確な応答関数構築のため、吸収端付近の光学特性を把握し、反射率を計算する際に読み込む原子散乱因子の高精細化を目的とした。その目的を達成するために、単色度の高い高輝度なX線を照射できるSPring-8 BL01B1に、NASA GSFCで製作されたSXT用の反射鏡サンプルを持ち込み、詳細なX線反射率測定を行った。本研究ではSXSとHXIの検出域がオーバーラップし、calibrationにおいて重要な帯域に存在するAu-L edge周辺の反射率測定を行った。角度依存性を調べる角度スキャンと細かなエネルギー依存性を調べるエネルギースキャンの二種類の測定を行い、この二つの結果から原子散乱因子を導出を行った。

角度スキャン

11.2-15.4 keVの間の6つのエネルギーで反射率の角度依存性を測定した。非常に高輝度なX線で測定ができたため、誤差は統計的な誤差が非常に小さく、ほぼビーム変動などの系統誤差が支配的であった。この角度スキャンの反射率に、フレネル係数とNevot-Croceの粗さモデルから計算した反射率モデルをカーブフィッティングすることで、反射鏡の各パラメータを導出した。この角度スキャンの解析結果から、表面粗さは $8.43 \pm 0.07 \text{ \AA}$ と求まった。また、入射角度offsetがエネルギーによって変動していることが分かった。これはDCMから照射されるX線が、集光ミラーに当たる位置が変動することにより、ミラーの形状を反映させたものであると考えられる。また、ビーム発散角が $0.9 \pm 0.2 \text{ arcmin}$ と求まった。これは、集光ミラーによるビームの平行度が $\sim 1 \text{ arcmin}$ というBL01B1の諸元と一致する。角度スキャンでこれらの機器の誤差が評価できたことで、系統誤差に制限を与えることが可能となった。この角度スキャンで得られた、反射鏡表面粗さ、入射角offset、ビームの発散角を基にエネルギースキャンの解析を行った。

エネルギースキャン

11.24~15.35 keVの間で、SXSの分光性能に十分対応できるエネルギーピッチ0.3 ~ 0.7 eVの反射率のエネルギー依存性を測定した。原子散乱因子 f_1 、 f_2 は反射率の角度依存性に独立に寄与するので、0.1-0.8°の入射角の反射率を測定した。この測定の結果、今まで参照してきた原子散乱因子のデータベースには見られないXAFSによる波状構造がみられた。また、吸収端の深さがHenke 1993から計算した反射率と比べても、実測は $\sim 60\%$ 小さいことが分かった。データベースに見られない特徴である。XAFSが見られたことから、高い精度で測定ができたと言える。

原子散乱因子の導出

角度スキャンで得られたパラメータの制限と、エネルギースキャンの結果から目的であ

る原子散乱因子 f_1 、 f_2 の導出を行った。エネルギーごとに反射率の角度依存性を抽出し、カーブフィッティングを行うことで f_1 、 f_2 を導出した。その結果、連続部分は f_1 、 f_2 どちらも Henke 1993 とほぼ一致することが分かった。また f_1 、 f_2 とも吸収端付近に XAFS が現れることが確認された。反射率で畳込まれていた f_1 、 f_2 の XAFS を分解できたと言える。反射率の結果と同様、吸収端の深さは Henke に比べ、 $\sim 60\%$ 小さく、また f_2 のエッジジャンプが緩やかであることが分かった。

本研究結果の有効面積への寄与

得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2 から有効面積を計算し、参考文献との比較を行った。反射率、原子散乱因子の導出結果と同様、有効面積における吸収端の深さは浅く、あまり強く吸収されていないことが分かった。特に Henke1993 や、すざく衛星で採用されている Sasaki 1989 から計算した有効面積と比べ、本研究から得られた f_1 、 f_2 を使った有効面積は Au-L₃ edge でそれぞれ 1.5 倍、1.2 倍も違う。これは、X 線観測でも優位に確認できるレベルであり、今までの参照のまま応答関数を構築した場合、吸収端のスペクトル解析で残差が大きく残ってしまっていたかもしれない。

8.2 今後の展望

8.2.1 軌道上での較正

すでに SXT は ASTRO-H に搭載され、2016 年 2 月 12 日の打ち上げを待っている。地上較正試験では連続的な X 線の測定が困難であるため、打ち上げ後に軌道上での機器の較正試験が、応答関数の最終的な調整のために calibration 用の天体を用いて行われる。本研究の結果では吸収端の有効面積が、最大で 1.5 倍も違うことが分かった。天体観測でもこれは十分確認できるレベルなので、吸収端での有効面積の構造が今回更新されたことによって、どれだけ改善されたか確認したい。また、Au-L edge 付近は HXI と観測帯がオーバーラップするため、相互で本研究の較正結果の確認もできる。さらには、本研究で得られた f_1 、 f_2 は XAFS が見られるほどのレベルで導出ができたため、SXS から得られるスペクトルを解析することで、この XAFS が観測データから確認できるか挑戦も行いたい。

8.2.2 他の反射表面物質の吸収端の測定

SPring-8 BL01B1 の測定では、Au のほかに、HXT 用スーパーミラー、Pt-C 反射鏡、NuStar 用の Pt、W の各反射鏡の L edge 付近の測定も行った。図 8.1 のように、吸収端付近の XAFS も確認できる。特に、Pt、W の L₃ edge では吸収が急激に強くなるホワイトラインという特徴的な XAFS も確認できる。また、反射率が大きな波状になっているが、これは反射鏡の膜厚が小さいため基板との干渉によって起こるからである。現在これらのデータを基に、各チーム (名古屋大学、NuStar チーム) が解析を行い、応答関数に組み込むための原子散乱因子、また光学定数の導出を目指している。

また、他にも Au-M edge 付近の測定も KEK-PF で、Pt-K edge 付近の測定も SPring-8 で行われた。Au-M edge の測定結果から原子散乱因子を導出され、すでに応答関数に実装されて

いる。また、Pt-K edge の測定は前例があまりないゆえ、正しい原子散乱因子の結果を出すことが気体されてる。

このように本研究と同様の測定方法、解析方法を用いることで、X 線望遠鏡に用いられる重金属の吸収構造の把握が可能で、より細かなデータベースを作成することも可能である。また、現段階でも最高性能のカロリーメータのエネルギー分解能に十分対応できる精度で測定が可能で、今後さらに高精細な検出器が現れても正確な応答関数が構築できると期待している。

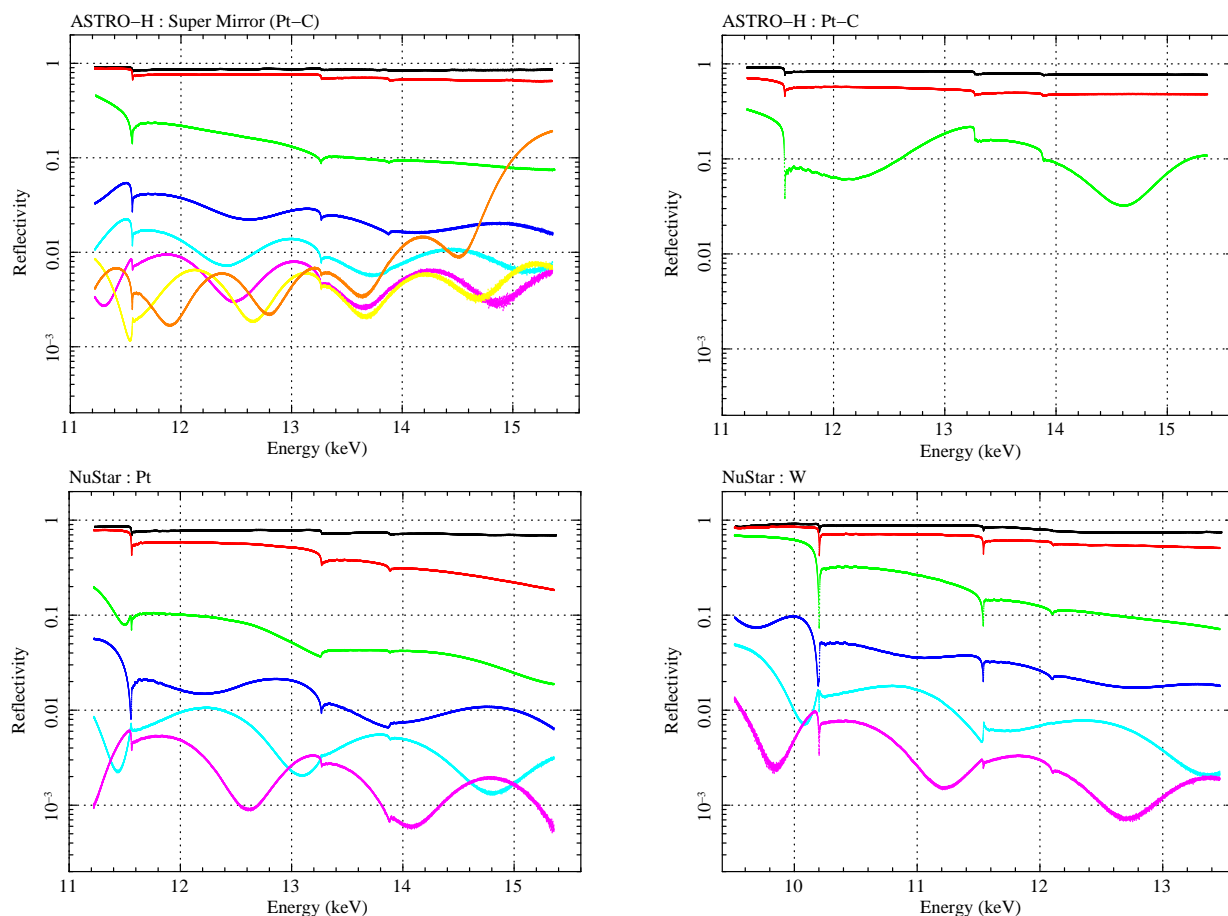


図 8.1: BL01B1 で測った他の反射鏡のエネルギー स्क্যানの結果。左上: Pt-C のスーパーミラー、右上: Pt-C の二層ミラー、左下: NuStar チーム提供、Pt ミラー、右下: NuStar チーム提供、W ミラー。

関連図書

- [1] A. Owens, S. C. Bayliss, S. Gurman, G. W. Fraser, D. Hutt, K. J. McCarthy, and A. A. Wells. Measuring reflected x-ray absorption fine structure in gold-coated x-ray mirrors. In R. B. Hoover and A. B. Walker, editors, *Advances in Multilayer and Grazing Incidence X-Ray/EUV/FUV Optics*, volume 2279 of *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, pages 325–331, November 1994.
- [2] D. E. Graessle, R. Souffi, A. L. Aquila, E. M. Gullikson, R. L. Blake, and A. J. Burek. Iridium optical constants for the Chandra X-ray Observatory from reflectance measurements of 0.05-12 keV. In K. A. Flanagan and O. H. W. Siegmund, editors, *X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII*, volume 5165 of *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, pages 469–481, February 2004.
- [3] B.L. Henke, E.M. Gullikson, and J.C. Davis. X-ray interactions: Photoabsorption, scattering, transmission, and reflection at $e = 50$ -30,000 eV, $z = 1$ -92. *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, 54(2):181 – 342, 1993.
- [4] Gary Doolen and David A Liberman. Calculations of photoabsorption by atoms using a linear response method. *Physica Scripta*, 36(1):77, 1987.
- [5] E. B. Saloman, J. H. Hubbell, and J. H. Scofield. X-Ray Attenuation Cross Sections for Energies 100 eV to 100 keV and Elements $Z = 1$ to $Z = 92$. *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, 38:1, 1988.
- [6] F. Biggs and R. Lighthill. Analytical approximations for X-ray cross sections 3. Technical report, August 1988.
- [7] L. Nénot and P. Croce. Caractérisation des surfaces par réflexion rasante de rayons X. Application à l'étude du polissage de quelques verres silicates. *Revue de Physique Appliquée*, 15(3):761–779, 1980.
- [8] 波岡武 and 山下広順. *X線結像光学*. 培風館, 1999.
- [9] 柳原美廣. 超薄膜の軟 X 線光学定数. 東北大学科学計測研究所報告, 41(1):1–26, 1992.
- [10] 横山裕士. Astro-E2 搭載用 X 線望遠鏡の背面反射による迷光のモデル化とその検証. 中央大学大学院 修士論文, 2 2004.
- [11] 市原昂. X 線望遠鏡性能評価システムの高性能化とすざく型望遠鏡を用いた性能実証試験. 首都大学東京 修士論文, 3 2013.

- [12] 富川和紀. 次期 X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載 軟 X 線望遠鏡の地上性能評価. 首都大学東京 修士論文, 2 2014.
- [13] 佐藤寿紀. 次期 X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載軟 X 線望遠鏡の応答関数構築に向けた性能評価 . 首都大学東京 修士論文, 2 2015.
- [14] J . S. Kraft, P . Stümpel, Becker, and U. Kuetgens. High resolution xray absorption spectroscopy with absolute energy calibration for the determination of absorption edge energies. *Rev. Sci. Instrum*, 67:681, 3 1996.

謝辞

本修士論文の研究を進めるにあたり、多くの方々に支えられお世話になりました。ここに深く感謝の気持ちを表します。

子供からの夢であった JAXA での研究の場を与えて頂いた石田學先生に感謝申し上げます。時より厳しいご指導をいただいたものの、実験データの見方や論理的な考察の重要性を身に染みて感じ、それを乗り越えていくことで常に成長していく自分が感じることができました。宇宙の研究室の門に、私を迎え入れて頂いた大橋隆哉先生には、学会などに参加のご支援を頂くだけでなく、研究生活を楽しく充実させていただきました。研究室での生活を楽しく過ごせたことに、幸せを感じておりました。SXT の calibration から実験のご指導頂いた前田良知先生には、3 年を通し常に身近な先生としてお世話になりました。持ち前の明るさと前向きな姿勢は、研究に取り組む最大の原動力なのだと前田先生から学びました。この修論の実験も前田先生の SPring-8 実験のプロポーザルがあってこそ、成し得たものです。本当にお世話になりました。私にとって夢の存在である NASA の GSFC の岡島崇さんとご一緒に実験や議論ができたこと、たいへんありがたく思っております。宇宙研や SPring-8 の実験の実験で、稚拙な報告にも関わらず聞いて頂き、さらに助言を頂いたことで研究が押し進めることができました。名古屋大学の先生にも関わらず、森英之さんには望遠鏡の研究について多くのご助言を頂きました。非常に緻密に研究に取り組む姿は、大雑把になりがちな私にとって見習うべき大先生でした。飯塚亮さんには SXT の calibration を始め、実験の現場で多くのことを学ばせて頂きました。X 線測定という限られた条件下で、いかにベストを尽くした測定ができるか、どういう測定項目を組み立てればいいのかを少しずつ学ぶことができました。常に丁寧な説明をして下さったため、私にとって些細な疑問を相談に乗って頂ける存在でありました。研究室の先輩だけでなく、柔道部の先輩でもあった林多佳由さんは、常に学生と一緒に取り組んで頂き、私にとって相談しやすい先輩でありました。一緒に実験し、一緒に解析し、一緒に分からないことを考えて下さり、SXT の calibration を始め多くのことでお世話になりました。また、私が在籍している間に、ご結婚、奥様の出産と林さんにとって幸せな報告を、身近な存在として多く聞けたことに、たいへん幸せを感じております。佐藤拓郎さんには、実験などでご一緒することができなかったものの、勝手ながら私のお話相手を多くして頂きました。ご一緒に海釣りや箱根の旅行に行くことができ、研究生活を充実させることができました。初めて宇宙研のチームラインに来た時から、パソコンの使い方、解析ソフトの使い方、チームラインの使い方、右も左も分からなかった私に教えて頂いた方が、佐藤寿紀さんでした。研究をするにあたって、その基本を教えて頂きありがたく思っております。そして、常に追い込むような研究姿勢は感服の極みでした。倉嶋翔くんが大学に入学してから実に 5 年もの間、私と仲良くしていただき本当にありがとうございました。研究では一つ一つの課題を着実にこなし、着実に成長していく倉嶋くんの姿に脅威を感じたのは本音です。しかし、そのおかげで私も背中を押され成長できたと感じています。中庭望くんとは、就活期間も重なり他のメンバーと比べ、あまり実験や研究で

ご一緒できなかったですが、私を慕って頂きありがとうございました。いつの間にか、新しい知識や技術を身につけている中庭くんは、報告してくる結果を見て驚愕するばかりでした。さらに、XRT チームの OB である富川さんには SXT の calibration をご一緒させていただき、市原さんには就職活動の支援もいただいたこと感謝申し上げます。

また、首都大の私の同期、桑原くん、宮崎くん、上原くん、佐藤真柚さんには、宇宙の議論からたわいもない話まで、多くのお話をし私の心の支えになって頂きました。本当にありがとうございました。宇宙研 X 線グループの同期である山崎くん、星野くん、村松さん、桂川さんには 2 年間、種子島の旅行までお付き合いして頂き、本当に楽しかったです。

そして、この修論研究の実験の場である SPring-8 BL01B1 ビームラインでお世話になりました宇留賀朋哉様、新田清文様に感謝申し上げます。反射率測定の機器の準備など、多大なご支援をしていただき、この論文のため素晴らしいデータを取得することができました。BL01B1 の方々の暖かいご支援なくして、本研究はありえません。心より感謝申し上げます。

最後に、家業と全く違った道に進むことを快く許して頂いた父、毎日のようにお弁当を作ってくれた母に、心より感謝申し上げます。

付 録 A 本研究で得られた原子散乱因子 f_1 、 f_2

Energy [eV]	f_1	f_2			
11240.3	70.784	4.471	11250.1	70.779	4.468
11240.7	70.797	4.480	11250.5	70.783	4.473
11241.1	70.792	4.470	11250.8	70.772	4.472
11241.5	70.791	4.478	11251.2	70.779	4.468
11241.9	70.794	4.477	11251.5	70.774	4.468
11242.3	70.791	4.479	11252.0	70.780	4.471
11242.7	70.787	4.480	11252.3	70.777	4.471
11243.0	70.780	4.474	11252.7	70.771	4.469
11243.4	70.782	4.467	11253.1	70.774	4.471
11243.8	70.784	4.471	11253.5	70.773	4.462
11244.1	70.780	4.470	11253.9	70.772	4.471
11244.5	70.785	4.466	11254.2	70.781	4.470
11244.8	70.773	4.477	11254.6	70.770	4.467
11245.3	70.784	4.473	11255.0	70.761	4.461
11245.6	70.786	4.474	11255.3	70.765	4.463
11245.9	70.770	4.468	11255.7	70.775	4.468
11246.3	70.777	4.469	11256.1	70.765	4.467
11246.7	70.779	4.475	11256.4	70.766	4.467
11247.1	70.784	4.473	11256.8	70.764	4.465
11247.5	70.790	4.472	11257.2	70.769	4.471
11247.9	70.784	4.470	11257.6	70.757	4.468
11248.3	70.782	4.473	11258.0	70.772	4.471
11248.6	70.780	4.469	11258.4	70.762	4.471
11249.0	70.774	4.463	11258.8	70.762	4.472
11249.4	70.776	4.467	11259.2	70.760	4.466
11249.7	70.775	4.466	11259.5	70.765	4.469
			11259.9	70.759	4.460
			11260.3	70.747	4.458

11260.6	70.753	4.463	11274.6	70.760	4.448
11261.0	70.756	4.461	11274.9	70.743	4.431
11261.4	70.754	4.456	11275.4	70.739	4.434
11261.8	70.749	4.458	11275.8	70.742	4.438
11262.1	70.755	4.458	11276.1	70.742	4.439
11262.4	70.752	4.459	11276.4	70.730	4.428
11262.8	70.750	4.458	11276.9	70.741	4.427
11263.3	70.750	4.463	11277.2	70.741	4.431
11263.6	70.752	4.458	11277.5	70.733	4.421
11264.0	70.759	4.460	11277.9	70.739	4.425
11264.4	70.750	4.452	11278.3	70.731	4.417
11264.8	70.757	4.459	11278.7	70.740	4.424
11265.1	70.753	4.452	11279.0	70.742	4.431
11265.5	70.754	4.456	11279.4	70.735	4.421
11265.9	70.740	4.450	11279.8	70.742	4.426
11266.2	70.751	4.455	11280.2	70.735	4.422
11266.6	70.746	4.458	11280.6	70.732	4.424
11267.0	70.751	4.449	11281.0	70.735	4.419
11267.4	70.749	4.451	11281.4	70.741	4.426
11267.7	70.746	4.448	11281.7	70.738	4.422
11268.0	70.737	4.443	11282.1	70.738	4.420
11268.5	70.751	4.452	11282.5	70.737	4.420
11268.9	70.743	4.444	11282.8	70.739	4.422
11269.2	70.743	4.444	11283.2	70.732	4.420
11269.7	70.740	4.447	11283.6	70.735	4.419
11270.1	70.755	4.448	11284.0	70.723	4.412
11270.4	70.757	4.452	11284.3	70.728	4.416
11270.7	70.752	4.444	11284.7	70.733	4.416
11271.2	70.748	4.441	11285.1	70.730	4.415
11271.5	70.753	4.441	11285.5	70.725	4.408
11271.9	70.743	4.439	11285.9	70.737	4.413
11272.2	70.751	4.442	11286.3	70.733	4.409
11272.7	70.737	4.433	11286.7	70.733	4.413
11273.0	70.739	4.432	11287.1	70.738	4.409
11273.3	70.746	4.436	11287.4	70.730	4.404
11273.7	70.747	4.438	11287.8	70.730	4.410
11274.2	70.747	4.439	11288.2	70.723	4.408

11288.5	70.732	4.411	11302.6	70.719	4.370
11288.9	70.741	4.414	11303.0	70.732	4.382
11289.3	70.728	4.408	11303.4	70.716	4.373
11289.7	70.729	4.409	11303.8	70.731	4.373
11290.0	70.730	4.407	11304.1	70.730	4.374
11290.4	70.722	4.405	11304.6	70.732	4.374
11290.8	70.724	4.404	11304.9	70.727	4.368
11291.2	70.736	4.406	11305.2	70.734	4.371
11291.6	70.735	4.408	11305.7	70.723	4.371
11292.0	70.725	4.400	11306.1	70.712	4.366
11292.4	70.734	4.400	11306.4	70.730	4.366
11292.7	70.731	4.404	11306.7	70.727	4.367
11293.1	70.732	4.399	11307.2	70.722	4.365
11293.5	70.726	4.397	11307.6	70.707	4.359
11293.9	70.737	4.399	11308.0	70.728	4.366
11294.2	70.725	4.403	11308.4	70.727	4.361
11294.6	70.728	4.394	11308.8	70.728	4.360
11295.0	70.725	4.397	11309.1	70.719	4.358
11295.3	70.730	4.392	11309.5	70.729	4.359
11295.7	70.732	4.389	11309.9	70.719	4.360
11296.1	70.736	4.394	11310.3	70.721	4.363
11296.5	70.736	4.394	11310.6	70.716	4.356
11296.9	70.738	4.398	11311.0	70.714	4.350
11297.3	70.736	4.393	11311.4	70.710	4.347
11297.7	70.732	4.389	11311.7	70.716	4.345
11298.1	70.732	4.384	11312.1	70.720	4.351
11298.4	70.729	4.384	11312.5	70.716	4.349
11298.8	70.728	4.384	11312.9	70.720	4.349
11299.2	70.725	4.383	11313.3	70.717	4.350
11299.5	70.726	4.383	11313.7	70.719	4.356
11299.9	70.730	4.380	11314.1	70.704	4.351
11300.3	70.727	4.380	11314.5	70.706	4.342
11300.7	70.723	4.378	11314.8	70.698	4.347
11301.0	70.728	4.383	11315.2	70.706	4.343
11301.4	70.724	4.378	11315.6	70.705	4.342
11301.8	70.736	4.382	11316.0	70.703	4.345
11302.2	70.728	4.380	11316.3	70.701	4.343

11316.7	70.696	4.336	11330.9	70.669	4.310
11317.1	70.699	4.335	11331.3	70.660	4.298
11317.4	70.689	4.334	11331.6	70.672	4.308
11317.8	70.697	4.341	11332.0	70.676	4.304
11318.2	70.702	4.341	11332.4	70.671	4.308
11318.6	70.692	4.335	11332.8	70.664	4.308
11319.0	70.691	4.338	11333.1	70.665	4.309
11319.4	70.695	4.333	11333.6	70.657	4.298
11319.8	70.693	4.334	11333.9	70.666	4.307
11320.2	70.686	4.325	11334.3	70.648	4.292
11320.5	70.693	4.331	11334.6	70.649	4.299
11320.9	70.691	4.323	11335.1	70.656	4.298
11321.4	70.696	4.336	11335.5	70.663	4.302
11321.7	70.696	4.330	11335.9	70.659	4.303
11322.0	70.685	4.327	11336.3	70.647	4.294
11322.5	70.696	4.329	11336.7	70.652	4.296
11322.8	70.691	4.332	11337.1	70.662	4.299
11323.2	70.692	4.329	11337.4	70.649	4.295
11323.5	70.686	4.326	11337.8	70.650	4.296
11324.0	70.685	4.323	11338.2	70.654	4.295
11324.4	70.685	4.325	11338.6	70.647	4.290
11324.8	70.682	4.327	11338.9	70.650	4.296
11325.2	70.686	4.319	11339.4	70.649	4.289
11325.6	70.689	4.326	11339.7	70.651	4.292
11325.9	70.676	4.326	11340.0	70.638	4.291
11326.3	70.676	4.323	11340.4	70.644	4.296
11326.7	70.674	4.318	11340.9	70.647	4.294
11327.1	70.669	4.315	11341.3	70.647	4.296
11327.4	70.676	4.315	11341.7	70.635	4.289
11327.8	70.674	4.312	11342.1	70.651	4.298
11328.2	70.677	4.317	11342.5	70.646	4.298
11328.5	70.667	4.312	11342.8	70.637	4.300
11328.9	70.656	4.305	11343.2	70.636	4.293
11329.3	70.673	4.310	11343.6	70.631	4.290
11329.7	70.670	4.305	11344.0	70.633	4.294
11330.1	70.663	4.306	11344.3	70.637	4.285
11330.5	70.668	4.312	11344.7	70.625	4.285

11345.1	70.636	4.291	11359.5	70.594	4.286
11345.4	70.627	4.283	11359.8	70.591	4.281
11345.8	70.630	4.281	11360.3	70.596	4.276
11346.2	70.627	4.291	11360.6	70.590	4.281
11346.7	70.631	4.287	11361.0	70.596	4.283
11347.0	70.625	4.292	11361.4	70.587	4.281
11347.5	70.627	4.294	11361.8	70.604	4.286
11347.9	70.634	4.293	11362.1	70.593	4.288
11348.2	70.636	4.294	11362.5	70.586	4.278
11348.6	70.633	4.287	11362.9	70.592	4.276
11349.0	70.633	4.290	11363.4	70.599	4.281
11349.4	70.627	4.283	11363.7	70.584	4.281
11349.7	70.632	4.284	11364.2	70.583	4.285
11350.1	70.628	4.291	11364.6	70.583	4.283
11350.6	70.630	4.288	11365.0	70.589	4.293
11350.9	70.622	4.288	11365.3	70.588	4.283
11351.2	70.625	4.288	11365.7	70.587	4.286
11351.7	70.633	4.290	11366.1	70.580	4.281
11352.1	70.613	4.278	11366.5	70.585	4.274
11352.5	70.623	4.286	11366.8	70.573	4.275
11352.9	70.612	4.287	11367.3	70.580	4.277
11353.3	70.623	4.291	11367.6	70.579	4.283
11353.7	70.625	4.286	11367.9	70.575	4.283
11354.0	70.609	4.287	11368.4	70.560	4.280
11354.4	70.610	4.274	11368.8	70.559	4.269
11354.8	70.603	4.276	11369.2	70.564	4.279
11355.2	70.605	4.278	11369.6	70.564	4.278
11355.5	70.601	4.283	11370.0	70.560	4.277
11356.0	70.608	4.287	11370.4	70.553	4.286
11356.3	70.608	4.282	11370.8	70.554	4.287
11356.7	70.615	4.282	11371.1	70.573	4.284
11357.0	70.595	4.277	11371.6	70.569	4.281
11357.5	70.604	4.286	11371.9	70.563	4.279
11357.9	70.602	4.278	11372.3	70.549	4.275
11358.3	70.604	4.285	11372.7	70.556	4.276
11358.7	70.595	4.279	11373.1	70.549	4.279
11359.1	70.605	4.284	11373.4	70.556	4.283

11373.8	70.548	4.277	11388.3	70.497	4.280
11374.2	70.555	4.280	11388.7	70.502	4.277
11374.6	70.549	4.279	11389.0	70.503	4.286
11375.0	70.551	4.280	11389.4	70.499	4.276
11375.5	70.540	4.272	11389.9	70.488	4.268
11375.9	70.538	4.275	11390.2	70.495	4.271
11376.2	70.542	4.276	11390.5	70.494	4.279
11376.6	70.545	4.278	11391.0	70.493	4.281
11377.0	70.537	4.268	11391.4	70.487	4.270
11377.4	70.536	4.269	11391.8	70.487	4.275
11377.7	70.543	4.284	11392.2	70.495	4.280
11378.1	70.523	4.262	11392.6	70.492	4.274
11378.5	70.534	4.274	11393.0	70.487	4.275
11378.9	70.533	4.277	11393.4	70.476	4.274
11379.2	70.532	4.279	11393.8	70.487	4.277
11379.7	70.519	4.270	11394.2	70.480	4.277
11380.1	70.532	4.280	11394.5	70.481	4.275
11380.5	70.531	4.284	11394.9	70.474	4.273
11380.9	70.527	4.276	11395.3	70.479	4.278
11381.3	70.529	4.274	11395.7	70.478	4.271
11381.7	70.526	4.281	11396.0	70.474	4.272
11382.1	70.521	4.271	11396.4	70.471	4.274
11382.4	70.523	4.285	11396.9	70.478	4.281
11382.9	70.513	4.276	11397.3	70.468	4.270
11383.2	70.502	4.272	11397.7	70.468	4.271
11383.6	70.512	4.273	11398.1	70.467	4.269
11384.0	70.509	4.277	11398.5	70.462	4.260
11384.4	70.513	4.280	11398.9	70.470	4.278
11384.7	70.518	4.281	11399.3	70.470	4.274
11385.1	70.512	4.273	11399.7	70.467	4.278
11385.6	70.498	4.274	11400.1	70.455	4.266
11386.0	70.504	4.279	11400.4	70.469	4.274
11386.4	70.504	4.270	11400.8	70.459	4.279
11386.8	70.503	4.270	11401.2	70.444	4.264
11387.2	70.500	4.277	11401.6	70.459	4.278
11387.5	70.490	4.274	11401.9	70.457	4.275
11387.9	70.511	4.282	11402.3	70.449	4.268

11402.8	70.446	4.270	11417.3	70.426	4.283
11403.2	70.447	4.271	11417.7	70.414	4.272
11403.6	70.451	4.278	11418.1	70.418	4.270
11404.0	70.447	4.276	11418.5	70.415	4.267
11404.4	70.459	4.277	11418.8	70.426	4.275
11404.7	70.453	4.275	11419.2	70.417	4.269
11405.1	70.447	4.267	11419.7	70.410	4.272
11405.5	70.446	4.269	11420.0	70.407	4.275
11405.9	70.447	4.265	11420.5	70.413	4.271
11406.3	70.461	4.270	11420.9	70.398	4.266
11406.7	70.457	4.270	11421.3	70.396	4.261
11407.1	70.445	4.270	11421.6	70.407	4.273
11407.4	70.439	4.273	11422.0	70.410	4.269
11407.8	70.440	4.277	11422.4	70.416	4.274
11408.3	70.437	4.273	11422.8	70.396	4.268
11408.6	70.446	4.267	11423.1	70.401	4.263
11409.0	70.443	4.267	11423.6	70.408	4.265
11409.5	70.454	4.269	11424.0	70.400	4.268
11409.9	70.446	4.269	11424.3	70.404	4.265
11410.2	70.431	4.276	11424.7	70.396	4.262
11410.6	70.436	4.275	11425.1	70.410	4.269
11411.0	70.444	4.274	11425.5	70.398	4.266
11411.4	70.449	4.273	11425.9	70.406	4.269
11411.8	70.451	4.282	11426.4	70.402	4.273
11412.2	70.426	4.272	11426.8	70.402	4.271
11412.6	70.428	4.271	11427.2	70.402	4.269
11412.9	70.428	4.267	11427.5	70.406	4.273
11413.3	70.429	4.269	11427.9	70.411	4.277
11413.8	70.421	4.272	11428.3	70.404	4.268
11414.2	70.419	4.266	11428.7	70.395	4.264
11414.6	70.428	4.276	11429.1	70.396	4.267
11415.0	70.427	4.277	11429.5	70.398	4.266
11415.4	70.430	4.278	11429.9	70.397	4.269
11415.8	70.424	4.272	11430.2	70.393	4.259
11416.1	70.416	4.276	11430.6	70.389	4.268
11416.5	70.420	4.273	11431.1	70.387	4.261
11416.9	70.424	4.271	11431.5	70.390	4.267

11431.9	70.394	4.263	11446.5	70.355	4.251
11432.3	70.385	4.264	11446.9	70.349	4.252
11432.7	70.383	4.264	11447.2	70.331	4.246
11433.0	70.385	4.265	11447.6	70.332	4.253
11433.4	70.384	4.262	11448.1	70.331	4.248
11433.9	70.388	4.266	11448.5	70.325	4.253
11434.2	70.389	4.266	11448.9	70.333	4.249
11434.6	70.382	4.261	11449.3	70.327	4.246
11435.0	70.378	4.261	11449.7	70.329	4.251
11435.4	70.383	4.262	11450.0	70.327	4.251
11435.7	70.378	4.255	11450.4	70.334	4.253
11436.1	70.375	4.252	11450.9	70.328	4.247
11436.6	70.374	4.254	11451.2	70.321	4.240
11437.0	70.380	4.259	11451.6	70.325	4.247
11437.4	70.370	4.247	11452.0	70.331	4.243
11437.8	70.368	4.256	11452.4	70.328	4.239
11438.2	70.373	4.258	11452.7	70.324	4.245
11438.6	70.368	4.254	11453.1	70.318	4.235
11438.9	70.366	4.254	11453.6	70.320	4.241
11439.4	70.377	4.261	11454.0	70.324	4.253
11439.8	70.364	4.248	11454.4	70.306	4.241
11440.1	70.365	4.251	11454.8	70.321	4.228
11440.5	70.367	4.256	11455.2	70.334	4.234
11440.9	70.370	4.264	11455.6	70.324	4.228
11441.3	70.360	4.248	11455.9	70.321	4.232
11441.6	70.368	4.257	11456.4	70.315	4.231
11442.1	70.359	4.254	11456.8	70.308	4.231
11442.5	70.360	4.254	11457.1	70.308	4.231
11442.9	70.362	4.261	11457.5	70.314	4.237
11443.3	70.352	4.252	11458.0	70.319	4.239
11443.8	70.356	4.254	11458.3	70.313	4.237
11444.2	70.349	4.248	11458.7	70.301	4.235
11444.5	70.352	4.253	11459.1	70.301	4.237
11444.9	70.345	4.255	11459.6	70.307	4.231
11445.3	70.340	4.252	11459.9	70.296	4.229
11445.7	70.329	4.254	11460.4	70.300	4.235
11446.0	70.341	4.253	11460.8	70.300	4.232

11461.2	70.291	4.230	11475.7	70.253	4.233
11461.5	70.279	4.227	11476.1	70.251	4.229
11461.9	70.297	4.238	11476.6	70.257	4.238
11462.4	70.290	4.242	11477.0	70.248	4.231
11462.7	70.292	4.240	11477.4	70.247	4.235
11463.1	70.298	4.243	11477.9	70.246	4.233
11463.5	70.300	4.246	11478.3	70.247	4.234
11463.9	70.294	4.244	11478.6	70.247	4.233
11464.2	70.282	4.239	11479.0	70.244	4.233
11464.6	70.285	4.239	11479.4	70.235	4.230
11465.1	70.286	4.244	11479.8	70.248	4.241
11465.5	70.285	4.241	11480.2	70.237	4.233
11465.9	70.280	4.238	11480.6	70.229	4.230
11466.3	70.276	4.236	11481.0	70.227	4.228
11466.7	70.281	4.240	11481.3	70.235	4.237
11467.1	70.283	4.233	11481.7	70.225	4.228
11467.5	70.269	4.226	11482.2	70.236	4.235
11467.9	70.275	4.232	11482.6	70.226	4.221
11468.3	70.277	4.238	11483.0	70.230	4.229
11468.6	70.283	4.240	11483.4	70.217	4.223
11469.0	70.267	4.229	11483.8	70.222	4.230
11469.5	70.282	4.235	11484.2	70.229	4.237
11469.8	70.269	4.235	11484.5	70.218	4.228
11470.1	70.269	4.230	11485.0	70.222	4.234
11470.6	70.269	4.231	11485.4	70.212	4.225
11471.0	70.267	4.230	11485.7	70.212	4.223
11471.4	70.271	4.237	11486.1	70.217	4.227
11471.9	70.266	4.242	11486.6	70.205	4.222
11472.3	70.266	4.235	11486.9	70.199	4.224
11472.7	70.268	4.242	11487.2	70.214	4.236
11473.0	70.259	4.238	11487.7	70.209	4.231
11473.4	70.258	4.237	11488.1	70.198	4.225
11473.9	70.262	4.235	11488.5	70.203	4.227
11474.2	70.255	4.222	11489.0	70.193	4.221
11474.6	70.255	4.225	11489.4	70.192	4.220
11475.0	70.244	4.222	11489.8	70.205	4.234
11475.4	70.248	4.229	11490.1	70.199	4.233

11490.5	70.201	4.238	11505.3	70.127	4.241
11491.0	70.188	4.223	11505.7	70.113	4.233
11491.3	70.188	4.235	11506.1	70.122	4.241
11491.7	70.191	4.234	11506.6	70.130	4.247
11492.1	70.189	4.232	11507.0	70.119	4.244
11492.5	70.185	4.234	11507.3	70.111	4.235
11492.9	70.180	4.238	11507.7	70.120	4.238
11493.3	70.187	4.236	11508.1	70.105	4.235
11493.7	70.175	4.238	11508.5	70.102	4.237
11494.1	70.169	4.227	11508.9	70.108	4.236
11494.5	70.171	4.233	11509.3	70.087	4.225
11495.0	70.173	4.229	11509.7	70.101	4.244
11495.4	70.177	4.235	11510.1	70.094	4.236
11495.8	70.168	4.231	11510.4	70.095	4.234
11496.1	70.164	4.229	11510.9	70.088	4.237
11496.5	70.167	4.228	11511.3	70.093	4.239
11496.9	70.165	4.233	11511.7	70.082	4.233
11497.3	70.166	4.229	11512.1	70.087	4.245
11497.7	70.152	4.223	11512.6	70.082	4.237
11498.1	70.160	4.234	11512.9	70.081	4.236
11498.5	70.157	4.236	11513.3	70.080	4.241
11498.8	70.152	4.228	11513.7	70.080	4.243
11499.2	70.155	4.236	11514.1	70.072	4.229
11499.7	70.147	4.234	11514.5	70.069	4.240
11500.1	70.148	4.235	11514.9	70.086	4.246
11500.5	70.155	4.232	11515.3	70.078	4.240
11501.0	70.143	4.234	11515.7	70.065	4.240
11501.4	70.144	4.228	11516.0	70.067	4.236
11501.7	70.141	4.236	11516.4	70.067	4.243
11502.1	70.140	4.235	11516.9	70.068	4.246
11502.5	70.147	4.245	11517.3	70.052	4.243
11502.9	70.132	4.234	11517.7	70.056	4.239
11503.3	70.135	4.240	11518.2	70.064	4.248
11503.7	70.129	4.231	11518.5	70.057	4.248
11504.1	70.132	4.238	11518.9	70.038	4.238
11504.4	70.121	4.233	11519.3	70.056	4.245
11504.8	70.128	4.235	11519.7	70.053	4.247

11520.1	70.046	4.248	11534.9	69.969	4.278
11520.5	70.059	4.255	11535.4	69.969	4.258
11520.9	70.051	4.248	11535.8	70.005	4.253
11521.3	70.050	4.257	11536.2	69.990	4.245
11521.6	70.048	4.259	11536.5	69.997	4.245
11522.0	70.035	4.253	11537.0	69.986	4.252
11522.5	70.034	4.250	11537.4	69.978	4.247
11522.9	70.042	4.253	11537.7	69.981	4.257
11523.3	70.045	4.258	11538.1	69.969	4.251
11523.8	70.046	4.255	11538.6	69.975	4.244
11524.2	70.037	4.259	11538.9	69.976	4.248
11524.6	70.031	4.248	11539.3	69.974	4.251
11524.9	70.030	4.255	11539.7	69.973	4.246
11525.3	70.028	4.254	11540.2	69.973	4.247
11525.8	70.040	4.254	11540.6	69.979	4.256
11526.1	70.026	4.251	11541.0	69.962	4.246
11526.5	70.018	4.244	11541.5	69.966	4.255
11526.9	70.025	4.249	11541.9	69.959	4.244
11527.3	70.023	4.257	11542.2	69.961	4.247
11527.6	70.017	4.246	11542.6	69.956	4.244
11528.1	70.012	4.248	11543.0	69.957	4.250
11528.5	70.015	4.253	11543.4	69.954	4.256
11528.9	70.010	4.246	11543.8	69.948	4.248
11529.4	70.019	4.251	11544.2	69.943	4.240
11529.8	70.009	4.249	11544.6	69.959	4.248
11530.2	70.020	4.256	11544.9	69.954	4.249
11530.5	70.003	4.254	11545.3	69.954	4.248
11530.9	70.007	4.255	11545.8	69.953	4.244
11531.4	70.000	4.250	11546.2	69.957	4.252
11531.7	69.999	4.253	11546.6	69.947	4.244
11532.1	69.987	4.243	11547.1	69.950	4.256
11532.5	69.994	4.249	11547.5	69.946	4.252
11532.9	69.982	4.241	11547.8	69.937	4.243
11533.3	69.999	4.255	11548.2	69.938	4.244
11533.7	70.002	4.253	11548.6	69.941	4.245
11534.1	69.992	4.255	11549.0	69.937	4.244
11534.5	69.998	4.255	11549.4	69.941	4.248

11549.8	69.940	4.247	11564.8	69.880	4.234
11550.2	69.949	4.256	11565.2	69.890	4.243
11550.6	69.942	4.254	11565.5	69.888	4.243
11550.9	69.937	4.246	11566.0	69.896	4.247
11551.4	69.931	4.248	11566.4	69.865	4.226
11551.9	69.923	4.244	11566.8	69.874	4.243
11552.2	69.931	4.256	11567.1	69.886	4.250
11552.7	69.922	4.253	11567.6	69.883	4.242
11553.1	69.927	4.252	11567.9	69.891	4.250
11553.5	69.926	4.246	11568.3	69.871	4.243
11553.9	69.922	4.246	11568.7	69.882	4.252
11554.3	69.925	4.249	11569.2	69.883	4.247
11554.7	69.921	4.242	11569.6	69.872	4.252
11555.1	69.925	4.248	11570.0	69.869	4.242
11555.4	69.923	4.253	11570.5	69.871	4.247
11555.9	69.934	4.251	11570.9	69.867	4.236
11556.3	69.926	4.248	11571.2	69.870	4.245
11556.6	69.917	4.253	11571.6	69.861	4.242
11557.0	69.923	4.254	11572.1	69.860	4.245
11557.5	69.906	4.238	11572.4	69.862	4.245
11557.9	69.912	4.243	11572.8	69.854	4.241
11558.3	69.919	4.250	11573.3	69.861	4.240
11558.8	69.915	4.253	11573.7	69.857	4.240
11559.2	69.907	4.245	11574.0	69.847	4.244
11559.5	69.898	4.241	11574.4	69.847	4.240
11559.9	69.909	4.246	11574.9	69.849	4.241
11560.4	69.912	4.245	11575.3	69.852	4.247
11560.7	69.904	4.247	11575.7	69.851	4.247
11561.1	69.891	4.238	11576.1	69.845	4.243
11561.5	69.894	4.247	11576.6	69.836	4.245
11561.9	69.902	4.249	11576.9	69.838	4.245
11562.3	69.892	4.243	11577.3	69.844	4.242
11562.6	69.897	4.243	11577.7	69.839	4.234
11563.1	69.896	4.249	11578.1	69.838	4.240
11563.5	69.893	4.241	11578.5	69.837	4.243
11563.9	69.895	4.245	11578.9	69.826	4.234
11564.4	69.897	4.249	11579.3	69.831	4.236

11579.7	69.826	4.244	11594.7	69.756	4.212
11580.0	69.823	4.242	11595.1	69.752	4.214
11580.5	69.817	4.231	11595.6	69.757	4.218
11580.9	69.814	4.234	11595.9	69.752	4.218
11581.3	69.832	4.239	11596.3	69.737	4.207
11581.8	69.819	4.234	11596.8	69.751	4.218
11582.2	69.816	4.237	11597.1	69.741	4.213
11582.6	69.823	4.233	11597.5	69.733	4.211
11582.9	69.820	4.228	11597.9	69.720	4.208
11583.4	69.815	4.230	11598.4	69.730	4.206
11583.8	69.816	4.232	11598.8	69.725	4.208
11584.2	69.813	4.236	11599.2	69.722	4.207
11584.5	69.807	4.233	11599.6	69.712	4.199
11585.0	69.809	4.229	11600.1	69.728	4.211
11585.4	69.804	4.228	11600.4	69.713	4.201
11585.7	69.801	4.232	11600.8	69.725	4.213
11586.1	69.810	4.231	11601.3	69.720	4.204
11586.6	69.798	4.228	11601.6	69.713	4.197
11587.0	69.795	4.227	11602.0	69.714	4.210
11587.4	69.789	4.226	11602.4	69.701	4.196
11587.9	69.802	4.225	11602.9	69.713	4.200
11588.3	69.800	4.228	11603.2	69.703	4.209
11588.7	69.788	4.220	11603.6	69.680	4.201
11589.1	69.785	4.214	11604.1	69.703	4.201
11589.5	69.794	4.225	11604.5	69.706	4.202
11589.9	69.783	4.220	11604.9	69.691	4.197
11590.2	69.781	4.222	11605.4	69.690	4.201
11590.7	69.780	4.214	11605.8	69.689	4.196
11591.1	69.775	4.213	11606.2	69.697	4.206
11591.4	69.775	4.223	11606.5	69.679	4.195
11591.8	69.766	4.216	11607.0	69.676	4.195
11592.3	69.772	4.222	11607.4	69.675	4.194
11592.7	69.778	4.223	11607.7	69.669	4.199
11593.1	69.769	4.218	11608.1	69.675	4.198
11593.6	69.770	4.226	11608.6	69.663	4.193
11594.0	69.754	4.211	11608.9	69.674	4.200
11594.4	69.763	4.218	11609.3	69.669	4.195

11609.7	69.665	4.203	11624.9	69.574	4.172
11610.2	69.659	4.197	11625.3	69.565	4.174
11610.6	69.659	4.206	11625.6	69.568	4.181
11611.0	69.654	4.202	11626.1	69.565	4.177
11611.5	69.664	4.199	11626.5	69.565	4.180
11611.9	69.656	4.198	11626.8	69.555	4.171
11612.2	69.650	4.195	11627.2	69.542	4.170
11612.6	69.638	4.187	11627.7	69.535	4.174
11613.1	69.646	4.188	11628.1	69.553	4.179
11613.4	69.638	4.188	11628.5	69.540	4.174
11613.8	69.634	4.180	11629.0	69.533	4.177
11614.2	69.640	4.189	11629.4	69.543	4.181
11614.7	69.635	4.192	11629.8	69.543	4.189
11615.0	69.625	4.180	11630.1	69.527	4.176
11615.4	69.624	4.183	11630.6	69.527	4.181
11615.9	69.626	4.186	11631.0	69.527	4.181
11616.3	69.625	4.185	11631.4	69.525	4.182
11616.7	69.608	4.181	11631.8	69.514	4.170
11617.2	69.605	4.183	11632.2	69.514	4.182
11617.6	69.615	4.192	11632.6	69.512	4.176
11617.9	69.613	4.188	11632.9	69.508	4.175
11618.3	69.606	4.179	11633.4	69.514	4.178
11618.8	69.595	4.178	11633.8	69.505	4.171
11619.2	69.605	4.180	11634.2	69.494	4.166
11619.5	69.606	4.182	11634.7	69.503	4.179
11619.9	69.592	4.177	11635.1	69.510	4.185
11620.4	69.601	4.184	11635.5	69.493	4.167
11620.7	69.593	4.177	11635.9	69.488	4.170
11621.1	69.595	4.174	11636.3	69.483	4.174
11621.6	69.592	4.177	11636.7	69.483	4.173
11622.0	69.586	4.179	11637.1	69.479	4.168
11622.4	69.579	4.171	11637.5	69.470	4.173
11622.9	69.592	4.182	11638.0	69.467	4.172
11623.3	69.580	4.173	11638.3	69.460	4.163
11623.7	69.576	4.177	11638.7	69.466	4.172
11624.0	69.583	4.186	11639.1	69.470	4.174
11624.5	69.570	4.179	11639.6	69.454	4.172

11640.0	69.453	4.159	11655.1	69.357	4.157
11640.4	69.446	4.169	11655.6	69.362	4.161
11640.9	69.453	4.174	11656.0	69.361	4.168
11641.3	69.444	4.165	11656.3	69.343	4.161
11641.6	69.445	4.173	11656.7	69.356	4.170
11642.0	69.453	4.172	11657.2	69.346	4.159
11642.5	69.435	4.167	11657.6	69.351	4.170
11642.9	69.438	4.165	11658.0	69.343	4.169
11643.2	69.440	4.166	11658.5	69.338	4.165
11643.6	69.428	4.167	11658.9	69.337	4.155
11644.1	69.425	4.167	11659.3	69.334	4.161
11644.4	69.427	4.163	11659.6	69.324	4.164
11644.8	69.419	4.164	11660.1	69.335	4.161
11645.3	69.421	4.168	11660.5	69.324	4.161
11645.7	69.428	4.175	11660.9	69.323	4.167
11646.1	69.419	4.167	11661.3	69.314	4.159
11646.6	69.423	4.167	11661.7	69.313	4.165
11647.0	69.416	4.165	11662.1	69.316	4.171
11647.4	69.416	4.166	11662.4	69.310	4.169
11647.7	69.418	4.170	11662.9	69.305	4.167
11648.2	69.399	4.161	11663.3	69.315	4.173
11648.6	69.395	4.163	11663.7	69.304	4.161
11649.0	69.405	4.173	11664.2	69.310	4.164
11649.3	69.398	4.172	11664.6	69.301	4.166
11649.8	69.397	4.171	11665.0	69.293	4.169
11650.2	69.400	4.168	11665.4	69.283	4.165
11650.5	69.380	4.158	11665.8	69.289	4.169
11651.0	69.396	4.169	11666.3	69.299	4.179
11651.4	69.380	4.162	11666.6	69.282	4.166
11651.9	69.384	4.161	11667.0	69.275	4.159
11652.3	69.385	4.171	11667.5	69.269	4.165
11652.7	69.380	4.171	11667.9	69.274	4.158
11653.2	69.371	4.161	11668.2	69.272	4.166
11653.5	69.373	4.165	11668.6	69.268	4.164
11653.9	69.363	4.158	11669.1	69.265	4.163
11654.4	69.371	4.167	11669.5	69.269	4.165
11654.7	69.371	4.171	11670.0	69.249	4.154

11670.4	69.261	4.170	11685.6	69.137	4.157
11670.8	69.260	4.163	11685.9	69.147	4.172
11671.2	69.250	4.158	11686.3	69.145	4.159
11671.6	69.246	4.168	11686.8	69.143	4.164
11672.0	69.243	4.166	11687.3	69.134	4.159
11672.4	69.246	4.161	11687.7	69.122	4.156
11672.8	69.227	4.157	11688.1	69.120	4.160
11673.2	69.237	4.168	11688.6	69.119	4.157
11673.6	69.230	4.162	11688.9	69.124	4.166
11674.0	69.226	4.169	11689.3	69.124	4.164
11674.4	69.223	4.167	11689.7	69.116	4.162
11674.8	69.214	4.163	11690.2	69.110	4.159
11675.3	69.219	4.170	11690.5	69.102	4.161
11675.7	69.214	4.168	11690.9	69.099	4.167
11676.1	69.215	4.165	11691.4	69.097	4.160
11676.6	69.224	4.175	11691.8	69.095	4.168
11677.0	69.204	4.162	11692.1	69.083	4.157
11677.3	69.214	4.168	11692.6	69.082	4.167
11677.8	69.209	4.169	11693.0	69.083	4.167
11678.2	69.199	4.158	11693.4	69.086	4.175
11678.6	69.206	4.165	11693.9	69.075	4.168
11678.9	69.195	4.166	11694.3	69.080	4.168
11679.4	69.189	4.168	11694.7	69.078	4.164
11679.8	69.180	4.157	11695.1	69.065	4.156
11680.1	69.175	4.160	11695.5	69.067	4.162
11680.5	69.183	4.166	11695.9	69.062	4.155
11681.0	69.179	4.162	11696.3	69.052	4.162
11681.4	69.173	4.158	11696.7	69.057	4.166
11681.9	69.174	4.166	11697.1	69.058	4.152
11682.3	69.172	4.165	11697.6	69.048	4.152
11682.7	69.167	4.160	11697.9	69.051	4.159
11683.1	69.164	4.172	11698.3	69.040	4.159
11683.5	69.164	4.167	11698.8	69.044	4.155
11684.0	69.166	4.161	11699.2	69.033	4.152
11684.4	69.156	4.164	11699.6	69.025	4.148
11684.7	69.154	4.167	11700.1	69.029	4.148
11685.2	69.150	4.161	11700.5	69.016	4.145

11700.9	69.026	4.161	11716.1	68.886	4.137
11701.3	69.017	4.153	11716.6	68.894	4.142
11701.7	69.015	4.151	11717.0	68.880	4.136
11702.1	69.009	4.148	11717.4	68.879	4.144
11702.5	69.010	4.157	11717.9	68.868	4.134
11702.9	69.005	4.152	11718.3	68.863	4.133
11703.4	69.002	4.153	11718.7	68.864	4.143
11703.7	68.997	4.150	11719.1	68.863	4.138
11704.1	69.005	4.154	11719.5	68.858	4.140
11704.6	68.994	4.151	11720.0	68.858	4.142
11705.0	68.996	4.154	11720.3	68.840	4.135
11705.4	68.979	4.148	11720.7	68.840	4.141
11705.9	68.980	4.145	11721.2	68.845	4.138
11706.3	68.983	4.160	11721.6	68.827	4.133
11706.7	68.975	4.155	11721.9	68.825	4.138
11707.1	68.975	4.158	11722.3	68.826	4.138
11707.5	68.965	4.156	11722.8	68.819	4.139
11708.0	68.971	4.149	11723.2	68.814	4.131
11708.3	68.963	4.148	11723.7	68.817	4.128
11708.7	68.959	4.154	11724.1	68.808	4.127
11709.1	68.954	4.146	11724.6	68.809	4.135
11709.6	68.949	4.144	11724.9	68.799	4.132
11709.9	68.939	4.143	11725.3	68.795	4.134
11710.3	68.935	4.147	11725.8	68.792	4.138
11710.8	68.935	4.141	11726.2	68.784	4.131
11711.2	68.937	4.147	11726.5	68.788	4.141
11711.6	68.939	4.147	11727.0	68.772	4.131
11712.1	68.929	4.139	11727.4	68.764	4.134
11712.5	68.925	4.139	11727.7	68.767	4.133
11712.9	68.932	4.154	11728.1	68.760	4.133
11713.3	68.927	4.154	11728.6	68.748	4.126
11713.7	68.915	4.148	11729.0	68.744	4.124
11714.1	68.904	4.138	11729.4	68.748	4.119
11714.5	68.901	4.145	11729.9	68.742	4.118
11714.9	68.903	4.150	11730.4	68.742	4.126
11715.4	68.904	4.138	11730.8	68.738	4.127
11715.7	68.890	4.137	11731.1	68.730	4.130

11731.5	68.724	4.127	11746.9	68.562	4.118
11732.0	68.718	4.115	11747.3	68.549	4.110
11732.4	68.718	4.125	11747.8	68.550	4.104
11732.7	68.708	4.126	11748.2	68.535	4.109
11733.2	68.706	4.119	11748.7	68.543	4.109
11733.6	68.698	4.118	11749.0	68.533	4.106
11734.0	68.699	4.122	11749.4	68.523	4.110
11734.4	68.694	4.124	11749.9	68.518	4.106
11734.9	68.693	4.121	11750.3	68.522	4.111
11735.3	68.683	4.114	11750.7	68.515	4.108
11735.7	68.680	4.112	11751.1	68.513	4.114
11736.2	68.683	4.120	11751.5	68.505	4.110
11736.6	68.682	4.114	11751.9	68.500	4.100
11737.0	68.668	4.112	11752.3	68.493	4.103
11737.4	68.670	4.119	11752.8	68.499	4.121
11737.8	68.659	4.109	11753.2	68.494	4.117
11738.2	68.664	4.119	11753.6	68.479	4.110
11738.6	68.651	4.110	11754.1	68.478	4.114
11739.0	68.650	4.117	11754.5	68.467	4.100
11739.5	68.638	4.116	11754.9	68.459	4.108
11739.8	68.634	4.118	11755.3	68.450	4.110
11740.2	68.635	4.113	11755.7	68.453	4.101
11740.7	68.624	4.112	11756.2	68.447	4.103
11741.1	68.621	4.106	11756.5	68.441	4.106
11741.5	68.614	4.120	11756.9	68.431	4.103
11742.0	68.612	4.108	11757.4	68.423	4.108
11742.4	68.608	4.114	11757.7	68.426	4.097
11742.8	68.601	4.102	11758.1	68.427	4.106
11743.2	68.606	4.119	11758.6	68.420	4.100
11743.6	68.593	4.107	11759.0	68.415	4.096
11744.1	68.586	4.103	11759.4	68.404	4.103
11744.4	68.595	4.110	11759.9	68.402	4.090
11744.8	68.590	4.109	11760.3	68.398	4.102
11745.3	68.583	4.107	11760.8	68.394	4.107
11745.6	68.573	4.114	11761.1	68.381	4.098
11746.0	68.570	4.110	11761.5	68.374	4.101
11746.4	68.570	4.114	11762.0	68.374	4.098

11762.4	68.369	4.101	11777.8	68.155	4.103
11762.7	68.363	4.090	11778.3	68.157	4.099
11763.2	68.352	4.095	11778.8	68.155	4.098
11763.6	68.354	4.111	11779.1	68.148	4.098
11764.0	68.344	4.104	11779.5	68.139	4.100
11764.4	68.337	4.093	11780.0	68.127	4.100
11764.9	68.333	4.100	11780.4	68.126	4.102
11765.3	68.331	4.098	11780.8	68.108	4.096
11765.7	68.329	4.103	11781.2	68.104	4.095
11766.2	68.322	4.096	11781.6	68.104	4.092
11766.6	68.319	4.102	11782.0	68.100	4.102
11767.0	68.313	4.095	11782.4	68.087	4.094
11767.4	68.317	4.102	11782.8	68.077	4.093
11767.8	68.307	4.104	11783.3	68.081	4.102
11768.3	68.298	4.102	11783.7	68.069	4.090
11768.6	68.303	4.105	11784.2	68.065	4.100
11769.0	68.287	4.099	11784.6	68.051	4.093
11769.5	68.277	4.099	11785.0	68.058	4.095
11769.9	68.276	4.100	11785.4	68.041	4.088
11770.2	68.264	4.095	11785.8	68.031	4.096
11770.7	68.256	4.092	11786.3	68.020	4.086
11771.2	68.257	4.107	11786.7	68.025	4.095
11771.6	68.243	4.093	11787.0	68.019	4.094
11772.0	68.249	4.096	11787.5	68.003	4.083
11772.5	68.230	4.081	11787.9	68.003	4.095
11772.9	68.233	4.105	11788.3	67.998	4.085
11773.3	68.232	4.102	11788.7	67.994	4.091
11773.7	68.219	4.086	11789.2	67.983	4.088
11774.1	68.218	4.103	11789.6	67.975	4.096
11774.5	68.208	4.092	11790.0	67.960	4.094
11774.9	68.192	4.097	11790.5	67.952	4.085
11775.4	68.188	4.106	11790.9	67.962	4.098
11775.8	68.179	4.102	11791.3	67.950	4.081
11776.1	68.186	4.106	11791.7	67.935	4.079
11776.5	68.175	4.092	11792.2	67.927	4.088
11777.0	68.174	4.097	11792.6	67.926	4.092
11777.4	68.164	4.092	11792.9	67.913	4.090

11793.4	67.902	4.090	11809.0	67.626	4.074
11793.8	67.893	4.079	11809.4	67.622	4.083
11794.2	67.898	4.088	11809.8	67.609	4.078
11794.5	67.868	4.086	11810.2	67.600	4.065
11795.0	67.865	4.079	11810.7	67.606	4.079
11795.5	67.869	4.094	11811.0	67.592	4.070
11795.9	67.857	4.086	11811.4	67.584	4.070
11796.4	67.851	4.088	11811.9	67.575	4.080
11796.8	67.845	4.081	11812.3	67.565	4.075
11797.2	67.839	4.079	11812.6	67.559	4.069
11797.6	67.832	4.080	11813.1	67.554	4.068
11798.0	67.823	4.077	11813.6	67.545	4.072
11798.5	67.810	4.079	11814.0	67.527	4.063
11798.8	67.808	4.089	11814.4	67.525	4.070
11799.2	67.798	4.093	11814.9	67.518	4.068
11799.7	67.785	4.085	11815.3	67.515	4.071
11800.1	67.792	4.075	11815.7	67.492	4.071
11800.4	67.779	4.080	11816.1	67.494	4.067
11800.9	67.784	4.087	11816.6	67.482	4.068
11801.4	67.781	4.085	11817.0	67.461	4.064
11801.8	67.754	4.072	11817.3	67.464	4.067
11802.2	67.741	4.070	11817.8	67.461	4.068
11802.7	67.732	4.075	11818.2	67.453	4.065
11803.1	67.729	4.076	11818.6	67.445	4.069
11803.5	67.722	4.082	11819.0	67.435	4.065
11803.9	67.722	4.065	11819.5	67.423	4.063
11804.4	67.715	4.078	11819.9	67.421	4.072
11804.8	67.700	4.074	11820.3	67.410	4.067
11805.1	67.697	4.084	11820.8	67.404	4.063
11805.6	67.698	4.080	11821.3	67.391	4.067
11806.0	67.688	4.085	11821.7	67.389	4.066
11806.4	67.679	4.080	11822.0	67.377	4.067
11806.8	67.670	4.073	11822.5	67.364	4.064
11807.3	67.654	4.078	11822.9	67.357	4.057
11807.7	67.650	4.081	11823.3	67.354	4.059
11808.1	67.644	4.076	11823.7	67.340	4.062
11808.6	67.638	4.079	11824.2	67.334	4.060

11824.5	67.326	4.064	11840.2	66.965	4.035
11824.9	67.321	4.071	11840.7	66.946	4.029
11825.4	67.302	4.061	11841.1	66.934	4.034
11825.8	67.302	4.061	11841.5	66.929	4.028
11826.2	67.285	4.061	11841.9	66.914	4.027
11826.7	67.283	4.068	11842.4	66.916	4.046
11827.2	67.273	4.061	11842.8	66.897	4.032
11827.6	67.259	4.064	11843.1	66.888	4.025
11827.9	67.253	4.061	11843.6	66.877	4.033
11828.4	67.245	4.056	11844.1	66.868	4.027
11828.8	67.229	4.060	11844.5	66.866	4.042
11829.2	67.224	4.054	11844.9	66.852	4.031
11829.6	67.215	4.064	11845.4	66.835	4.025
11830.0	67.203	4.054	11845.8	66.824	4.030
11830.5	67.199	4.056	11846.2	66.808	4.025
11830.8	67.177	4.044	11846.6	66.792	4.021
11831.2	67.165	4.046	11847.1	66.784	4.021
11831.7	67.158	4.053	11847.5	66.767	4.008
11832.2	67.151	4.042	11847.8	66.762	4.017
11832.6	67.142	4.051	11848.3	66.745	4.023
11833.1	67.128	4.053	11848.7	66.744	4.026
11833.5	67.126	4.056	11849.1	66.723	4.019
11833.9	67.105	4.041	11849.5	66.702	4.015
11834.3	67.100	4.046	11850.0	66.691	4.021
11834.8	67.095	4.047	11850.5	66.679	4.018
11835.2	67.091	4.050	11850.9	66.689	4.019
11835.6	67.074	4.038	11851.3	66.662	4.020
11836.0	67.054	4.043	11851.8	66.649	4.016
11836.4	67.057	4.053	11852.2	66.626	4.007
11836.8	67.040	4.033	11852.6	66.617	4.016
11837.2	67.028	4.038	11853.0	66.601	4.012
11837.7	67.019	4.037	11853.5	66.590	4.011
11838.1	67.010	4.031	11853.9	66.578	4.011
11838.6	67.002	4.037	11854.2	66.564	4.015
11839.0	66.994	4.035	11854.7	66.553	4.013
11839.5	66.987	4.037	11855.1	66.536	4.006
11839.9	66.972	4.039	11855.5	66.523	4.010

11855.9	66.509	4.002	11871.8	65.948	3.978
11856.4	66.499	4.006	11872.2	65.927	3.980
11856.8	66.475	3.997	11872.6	65.908	3.980
11857.3	66.467	3.995	11873.1	65.891	3.982
11857.8	66.450	4.002	11873.5	65.869	3.967
11858.2	66.434	4.003	11873.8	65.859	3.982
11858.5	66.425	3.997	11874.3	65.838	3.974
11858.9	66.425	4.003	11874.8	65.813	3.976
11859.4	66.402	3.999	11875.2	65.802	3.975
11859.8	66.389	3.994	11875.6	65.779	3.965
11860.2	66.380	4.001	11876.1	65.757	3.972
11860.7	66.350	3.992	11876.5	65.732	3.963
11861.1	66.348	4.001	11876.9	65.716	3.963
11861.4	66.330	3.990	11877.3	65.692	3.971
11861.8	66.304	3.988	11877.8	65.668	3.970
11862.3	66.309	3.993	11878.2	65.654	3.964
11862.8	66.287	3.979	11878.6	65.641	3.969
11863.2	66.265	3.985	11879.0	65.607	3.961
11863.7	66.251	3.991	11879.5	65.586	3.955
11864.1	66.246	3.994	11879.8	65.561	3.957
11864.5	66.226	3.987	11880.2	65.547	3.964
11864.9	66.210	3.988	11880.7	65.538	3.971
11865.4	66.189	3.995	11881.2	65.506	3.961
11865.8	66.182	3.989	11881.6	65.486	3.968
11866.2	66.179	3.999	11882.0	65.465	3.971
11866.6	66.143	3.982	11882.5	65.442	3.964
11867.1	66.129	3.985	11882.9	65.424	3.973
11867.4	66.126	3.991	11883.3	65.396	3.962
11867.8	66.094	3.982	11883.7	65.378	3.971
11868.3	66.089	3.994	11884.2	65.342	3.961
11868.8	66.067	3.986	11884.6	65.323	3.968
11869.2	66.052	3.984	11885.0	65.295	3.955
11869.7	66.039	3.997	11885.5	65.272	3.964
11870.1	66.013	3.971	11885.9	65.236	3.954
11870.6	66.003	3.980	11886.2	65.198	3.950
11870.9	65.983	3.979	11886.7	65.193	3.962
11871.4	65.967	3.984	11887.2	65.161	3.945

11887.6	65.130	3.953	11903.5	63.781	4.015
11888.1	65.107	3.955	11903.9	63.717	4.001
11888.5	65.085	3.959	11904.4	63.675	4.021
11889.0	65.069	3.967	11904.7	63.613	4.018
11889.3	65.028	3.963	11905.1	63.554	4.023
11889.7	65.001	3.958	11905.7	63.496	4.049
11890.2	64.968	3.960	11906.1	63.444	4.055
11890.6	64.947	3.959	11906.5	63.382	4.065
11891.0	64.917	3.960	11907.0	63.319	4.085
11891.5	64.887	3.957	11907.4	63.244	4.076
11891.9	64.858	3.958	11907.8	63.174	4.095
11892.3	64.826	3.956	11908.2	63.103	4.104
11892.7	64.788	3.953	11908.7	63.041	4.140
11893.1	64.765	3.963	11909.1	62.952	4.135
11893.6	64.726	3.958	11909.5	62.877	4.144
11894.0	64.698	3.962	11909.9	62.808	4.165
11894.5	64.659	3.959	11910.4	62.725	4.174
11895.0	64.640	3.964	11910.8	62.636	4.210
11895.3	64.592	3.955	11911.1	62.530	4.218
11895.7	64.561	3.980	11911.6	62.438	4.249
11896.2	64.520	3.962	11912.1	62.333	4.266
11896.6	64.478	3.962	11912.5	62.245	4.320
11897.0	64.455	3.963	11913.0	62.134	4.351
11897.4	64.416	3.971	11913.5	62.014	4.385
11897.9	64.371	3.970	11913.9	61.895	4.438
11898.3	64.339	3.977	11914.2	61.764	4.490
11898.6	64.283	3.967	11914.7	61.625	4.550
11899.1	64.244	3.978	11915.1	61.477	4.608
11899.6	64.202	3.968	11915.5	61.338	4.710
11900.0	64.167	3.980	11915.9	61.197	4.817
11900.5	64.127	3.980	11916.4	61.053	4.942
11901.0	64.085	3.987	11916.8	60.895	5.083
11901.4	64.044	4.000	11917.2	60.743	5.258
11901.8	63.987	3.993	11917.6	60.603	5.466
11902.2	63.928	3.990	11918.1	60.470	5.695
11902.7	63.892	4.004	11918.6	60.372	5.950
11903.1	63.838	4.018	11919.0	60.327	6.257

11919.5	60.338	6.575	11935.4	63.537	9.066
11919.9	60.403	6.877	11935.8	63.579	9.082
11920.3	60.529	7.188	11936.2	63.604	9.087
11920.7	60.674	7.429	11936.7	63.646	9.117
11921.2	60.874	7.680	11937.2	63.671	9.108
11921.6	61.070	7.855	11937.6	63.696	9.142
11922.0	61.267	8.012	11938.1	63.714	9.148
11922.5	61.460	8.138	11938.5	63.747	9.180
11922.9	61.628	8.223	11938.9	63.761	9.194
11923.3	61.830	8.326	11939.3	63.792	9.221
11923.7	61.963	8.331	11939.8	63.817	9.240
11924.2	62.111	8.353	11940.2	63.837	9.273
11924.6	62.224	8.371	11940.6	63.826	9.274
11925.0	62.326	8.391	11941.1	63.835	9.312
11925.5	62.437	8.393	11941.5	63.839	9.366
11926.0	62.492	8.364	11941.9	63.848	9.424
11926.4	62.548	8.373	11942.3	63.861	9.493
11926.8	62.608	8.402	11942.8	63.875	9.535
11927.2	62.634	8.409	11943.2	63.921	9.633
11927.7	62.655	8.408	11943.6	63.979	9.724
11928.0	62.687	8.458	11944.1	64.050	9.806
11928.5	62.717	8.487	11944.6	64.132	9.884
11928.9	62.741	8.527	11945.0	64.231	9.945
11929.3	62.779	8.574	11945.4	64.326	10.005
11929.7	62.801	8.616	11945.8	64.438	10.040
11930.2	62.848	8.700	11946.3	64.574	10.085
11930.7	62.917	8.760	11946.7	64.684	10.084
11931.1	62.971	8.793	11947.1	64.808	10.085
11931.5	63.024	8.841	11947.6	64.919	10.078
11932.0	63.073	8.879	11948.0	65.015	10.036
11932.4	63.150	8.937	11948.3	65.068	9.970
11932.8	63.219	8.971	11948.8	65.148	9.933
11933.2	63.275	8.997	11949.3	65.195	9.866
11933.7	63.334	9.017	11949.7	65.237	9.833
11934.1	63.385	9.034	11950.2	65.269	9.794
11934.5	63.444	9.044	11950.6	65.297	9.765
11935.0	63.512	9.097	11951.1	65.296	9.698

11951.5	65.315	9.696	11967.5	65.792	10.033
11951.9	65.314	9.657	11968.0	65.843	10.042
11952.4	65.325	9.642	11968.4	65.890	10.063
11952.8	65.332	9.621	11968.9	65.961	10.087
11953.2	65.335	9.609	11969.3	66.026	10.114
11953.6	65.360	9.608	11969.8	66.055	10.091
11954.1	65.381	9.604	11970.2	66.103	10.090
11954.4	65.384	9.594	11970.6	66.161	10.099
11954.9	65.410	9.584	11971.1	66.201	10.084
11955.4	65.419	9.575	11971.5	66.251	10.076
11955.8	65.438	9.565	11971.9	66.276	10.046
11956.3	65.430	9.545	11972.3	66.329	10.056
11956.8	65.443	9.536	11972.8	66.352	10.028
11957.2	65.435	9.517	11973.2	66.404	10.048
11957.6	65.450	9.535	11973.6	66.414	10.007
11958.0	65.415	9.480	11974.1	66.459	10.016
11958.5	65.427	9.505	11974.5	66.466	9.984
11958.9	65.424	9.535	11975.0	66.492	9.963
11959.3	65.414	9.528	11975.5	66.512	9.942
11959.7	65.408	9.541	11975.9	66.527	9.920
11960.2	65.409	9.558	11976.3	66.545	9.927
11960.5	65.407	9.590	11976.7	66.576	9.913
11960.9	65.410	9.609	11977.2	66.586	9.884
11961.4	65.417	9.642	11977.6	66.605	9.892
11961.9	65.410	9.644	11978.0	66.593	9.854
11962.3	65.433	9.695	11978.4	66.626	9.844
11962.8	65.453	9.733	11978.9	66.634	9.825
11963.3	65.458	9.733	11979.3	66.655	9.823
11963.7	65.477	9.779	11979.7	66.675	9.830
11964.1	65.514	9.823	11980.1	66.675	9.816
11964.5	65.524	9.838	11980.6	66.711	9.828
11965.0	65.552	9.872	11981.1	66.717	9.808
11965.4	65.591	9.904	11981.5	66.709	9.796
11965.8	65.643	9.950	11982.0	66.739	9.811
11966.2	65.678	9.972	11982.4	66.750	9.791
11966.7	65.715	9.993	11982.8	66.762	9.784
11967.0	65.762	10.040	11983.2	66.764	9.762

11983.7	66.787	9.772	11999.9	66.914	9.714
11984.1	66.780	9.745	12000.3	66.930	9.724
11984.5	66.797	9.745	12000.8	66.934	9.736
11985.0	66.834	9.757	12001.2	66.958	9.771
11985.4	66.836	9.718	12001.6	66.945	9.754
11985.8	66.830	9.719	12002.0	66.960	9.772
11986.2	66.857	9.725	12002.5	66.963	9.797
11986.7	66.862	9.707	12002.9	66.997	9.816
11987.2	66.890	9.720	12003.3	67.007	9.818
11987.6	66.882	9.680	12003.8	66.997	9.814
11988.1	66.884	9.685	12004.3	67.027	9.829
11988.6	66.874	9.660	12004.6	67.035	9.824
11989.0	66.872	9.650	12005.0	67.061	9.845
11989.4	66.892	9.655	12005.5	67.086	9.871
11989.8	66.891	9.648	12006.0	67.095	9.866
11990.3	66.885	9.639	12006.4	67.126	9.858
11990.7	66.905	9.664	12006.9	67.142	9.885
11991.1	66.876	9.617	12007.4	67.168	9.894
11991.6	66.873	9.617	12007.8	67.169	9.874
11992.0	66.896	9.637	12008.2	67.198	9.870
11992.4	66.882	9.637	12008.7	67.229	9.891
11992.9	66.890	9.628	12009.1	67.236	9.880
11993.3	66.895	9.628	12009.5	67.274	9.908
11993.7	66.894	9.636	12009.9	67.288	9.907
11994.2	66.880	9.639	12010.4	67.295	9.881
11994.7	66.889	9.648	12010.8	67.312	9.889
11995.1	66.904	9.651	12011.2	67.343	9.895
11995.5	66.893	9.646	12011.7	67.342	9.874
11995.9	66.904	9.651	12012.2	67.373	9.889
11996.4	66.908	9.656	12012.6	67.388	9.889
11996.8	66.898	9.659	12013.1	67.406	9.873
11997.2	66.906	9.668	12013.5	67.404	9.873
11997.7	66.911	9.675	12014.0	67.418	9.860
11998.1	66.898	9.670	12014.4	67.448	9.894
11998.5	66.899	9.679	12014.8	67.440	9.860
11998.9	66.914	9.696	12015.3	67.458	9.861
11999.4	66.918	9.726	12015.7	67.474	9.856

12016.1	67.487	9.868	12032.5	67.789	9.835
12016.5	67.472	9.828	12032.9	67.787	9.818
12017.0	67.485	9.843	12033.3	67.802	9.832
12017.3	67.507	9.842	12033.7	67.811	9.820
12017.8	67.504	9.840	12034.2	67.814	9.825
12018.3	67.535	9.853	12034.6	67.828	9.808
12018.7	67.525	9.829	12035.0	67.830	9.795
12019.2	67.541	9.829	12035.5	67.844	9.801
12019.7	67.539	9.831	12035.9	67.859	9.823
12020.1	67.563	9.838	12036.3	67.847	9.795
12020.5	67.562	9.836	12036.7	67.874	9.799
12020.9	67.564	9.823	12037.2	67.899	9.790
12021.4	67.585	9.839	12037.7	67.877	9.760
12021.8	67.571	9.810	12038.1	67.896	9.777
12022.2	67.592	9.834	12038.6	67.915	9.784
12022.7	67.598	9.819	12039.1	67.906	9.781
12023.2	67.590	9.800	12039.5	67.910	9.769
12023.5	67.602	9.835	12039.9	67.905	9.756
12024.0	67.620	9.819	12040.4	67.916	9.754
12024.5	67.623	9.830	12040.8	67.925	9.761
12024.9	67.639	9.846	12041.2	67.902	9.729
12025.4	67.634	9.817	12041.7	67.928	9.743
12025.9	67.669	9.848	12042.1	67.932	9.740
12026.3	67.657	9.826	12042.5	67.939	9.745
12026.7	67.665	9.819	12042.9	67.931	9.727
12027.1	67.679	9.825	12043.4	67.936	9.728
12027.6	67.682	9.832	12043.9	67.952	9.738
12028.0	67.679	9.809	12044.3	67.937	9.726
12028.4	67.685	9.811	12044.8	67.941	9.719
12028.8	67.696	9.818	12045.3	67.943	9.707
12029.4	67.719	9.825	12045.7	67.937	9.703
12029.7	67.715	9.812	12046.1	67.953	9.722
12030.1	67.711	9.812	12046.5	67.944	9.703
12030.6	67.741	9.817	12047.0	67.944	9.704
12031.1	67.749	9.824	12047.4	67.960	9.701
12031.5	67.765	9.824	12047.8	67.949	9.710
12032.0	67.768	9.826	12048.3	67.939	9.684

12048.7	67.969	9.730	12065.1	68.103	9.821
12049.1	67.957	9.707	12065.6	68.104	9.812
12049.5	67.950	9.705	12066.0	68.095	9.790
12050.1	67.963	9.701	12066.4	68.109	9.791
12050.5	67.957	9.725	12066.8	68.116	9.813
12050.9	67.960	9.705	12067.3	68.133	9.824
12051.4	67.949	9.682	12067.8	68.140	9.833
12051.9	67.976	9.733	12068.1	68.131	9.811
12052.3	67.964	9.702	12068.6	68.143	9.833
12052.7	67.964	9.713	12069.1	68.133	9.797
12053.2	67.967	9.715	12069.5	68.168	9.847
12053.6	67.976	9.733	12070.0	68.154	9.825
12054.0	67.968	9.704	12070.5	68.163	9.821
12054.5	67.970	9.700	12070.9	68.169	9.813
12054.9	67.965	9.718	12071.3	68.179	9.829
12055.3	67.985	9.736	12071.7	68.197	9.833
12055.7	67.978	9.722	12072.2	68.201	9.837
12056.2	67.973	9.723	12072.6	68.201	9.828
12056.7	67.976	9.730	12073.0	68.200	9.822
12057.1	67.990	9.746	12073.5	68.221	9.852
12057.6	67.986	9.754	12074.0	68.216	9.829
12058.1	67.999	9.762	12074.4	68.239	9.862
12058.5	68.001	9.761	12074.8	68.229	9.839
12058.9	67.998	9.749	12075.3	68.240	9.835
12059.4	68.013	9.756	12075.8	68.260	9.851
12059.8	68.026	9.777	12076.2	68.266	9.856
12060.2	68.018	9.755	12076.7	68.257	9.836
12060.7	68.022	9.775	12077.2	68.281	9.853
12061.1	68.033	9.754	12077.6	68.267	9.841
12061.5	68.038	9.763	12078.0	68.292	9.849
12061.9	68.050	9.784	12078.4	68.291	9.852
12062.4	68.058	9.791	12078.9	68.307	9.865
12062.9	68.057	9.781	12079.3	68.305	9.864
12063.3	68.067	9.790	12079.7	68.301	9.851
12063.8	68.089	9.795	12080.2	68.318	9.851
12064.3	68.087	9.787	12080.6	68.341	9.868
12064.7	68.086	9.799	12081.0	68.327	9.848

12081.5	68.327	9.849	12098.1	68.602	9.859
12082.0	68.349	9.868	12098.5	68.613	9.862
12082.4	68.347	9.838	12098.9	68.610	9.847
12082.9	68.348	9.865	12099.4	68.613	9.854
12083.4	68.369	9.870	12099.8	68.607	9.835
12083.8	68.356	9.852	12100.2	68.628	9.843
12084.2	68.370	9.859	12100.6	68.644	9.845
12084.6	68.383	9.866	12101.1	68.637	9.848
12085.1	68.381	9.858	12101.6	68.647	9.837
12085.5	68.375	9.860	12102.0	68.650	9.821
12085.9	68.404	9.884	12102.5	68.676	9.842
12086.4	68.416	9.883	12103.0	68.676	9.834
12086.9	68.410	9.872	12103.4	68.663	9.822
12087.2	68.385	9.840	12103.8	68.679	9.815
12087.7	68.410	9.879	12104.3	68.690	9.830
12088.2	68.443	9.886	12104.7	68.690	9.816
12088.6	68.422	9.863	12105.1	68.694	9.798
12089.1	68.425	9.849	12105.6	68.696	9.813
12089.6	68.446	9.889	12106.0	68.691	9.795
12090.0	68.456	9.890	12106.4	68.697	9.807
12090.4	68.453	9.884	12106.8	68.688	9.773
12090.8	68.463	9.874	12107.3	68.700	9.786
12091.3	68.471	9.886	12107.8	68.701	9.783
12091.8	68.465	9.870	12108.2	68.705	9.784
12092.2	68.474	9.878	12108.8	68.714	9.789
12092.6	68.488	9.897	12109.2	68.709	9.782
12093.1	68.490	9.875	12109.6	68.708	9.774
12093.5	68.504	9.875	12110.0	68.727	9.802
12093.9	68.519	9.889	12110.5	68.717	9.776
12094.4	68.529	9.880	12111.0	68.716	9.778
12094.9	68.531	9.882	12111.4	68.724	9.773
12095.3	68.545	9.876	12111.8	68.728	9.785
12095.8	68.557	9.873	12112.3	68.724	9.771
12096.3	68.582	9.888	12112.7	68.735	9.761
12096.7	68.565	9.873	12113.1	68.737	9.769
12097.1	68.596	9.887	12113.6	68.747	9.769
12097.6	68.611	9.879	12114.1	68.737	9.776

12114.5	68.746	9.777	12131.1	68.858	9.772
12115.0	68.747	9.770	12131.6	68.857	9.771
12115.5	68.750	9.767	12132.0	68.855	9.781
12115.9	68.753	9.782	12132.4	68.850	9.787
12116.3	68.768	9.783	12132.9	68.864	9.802
12116.8	68.762	9.784	12133.4	68.878	9.790
12117.3	68.766	9.778	12133.8	68.883	9.810
12117.7	68.786	9.803	12134.3	68.871	9.772
12118.1	68.772	9.766	12134.8	68.875	9.800
12118.6	68.775	9.776	12135.2	68.877	9.780
12119.0	68.782	9.766	12135.6	68.897	9.798
12119.4	68.775	9.768	12136.0	68.891	9.803
12119.8	68.768	9.755	12136.5	68.919	9.812
12120.3	68.786	9.777	12136.9	68.898	9.799
12120.8	68.773	9.754	12137.3	68.900	9.803
12121.2	68.799	9.780	12137.8	68.908	9.795
12121.7	68.792	9.765	12138.3	68.920	9.810
12122.2	68.793	9.779	12138.6	68.942	9.827
12122.6	68.792	9.781	12139.1	68.942	9.837
12123.0	68.786	9.753	12139.6	68.929	9.812
12123.5	68.795	9.770	12140.1	68.949	9.837
12123.9	68.812	9.782	12140.5	68.954	9.822
12124.3	68.804	9.757	12141.0	68.952	9.840
12124.8	68.813	9.774	12141.5	68.963	9.849
12125.3	68.802	9.756	12141.9	68.959	9.825
12125.6	68.817	9.788	12142.3	68.978	9.841
12126.1	68.820	9.768	12142.8	68.968	9.830
12126.6	68.816	9.748	12143.2	68.999	9.854
12127.1	68.836	9.789	12143.6	69.004	9.848
12127.5	68.848	9.782	12144.1	69.007	9.841
12128.0	68.830	9.762	12144.6	69.024	9.867
12128.5	68.815	9.750	12144.9	69.032	9.876
12128.9	68.828	9.755	12145.4	69.026	9.866
12129.3	68.843	9.784	12145.9	69.033	9.863
12129.8	68.854	9.785	12146.4	69.057	9.883
12130.2	68.845	9.779	12146.8	69.068	9.888
12130.6	68.852	9.764	12147.3	69.075	9.877

12147.8	69.066	9.858	12164.3	69.311	9.785
12148.2	69.085	9.870	12164.7	69.326	9.781
12148.6	69.100	9.877	12165.2	69.334	9.781
12149.1	69.103	9.864	12165.7	69.332	9.766
12149.6	69.088	9.848	12166.2	69.336	9.775
12150.0	69.122	9.879	12166.7	69.352	9.771
12150.4	69.120	9.882	12167.2	69.355	9.777
12150.9	69.130	9.885	12167.6	69.356	9.764
12151.3	69.133	9.860	12168.0	69.352	9.754
12151.7	69.153	9.859	12168.4	69.358	9.743
12152.2	69.145	9.866	12168.9	69.357	9.742
12152.7	69.159	9.860	12169.3	69.354	9.738
12153.1	69.176	9.872	12169.8	69.340	9.717
12153.6	69.186	9.880	12170.3	69.356	9.733
12154.1	69.174	9.861	12170.7	69.373	9.730
12154.5	69.181	9.857	12171.1	69.368	9.714
12154.9	69.207	9.883	12171.5	69.363	9.717
12155.4	69.206	9.857	12172.1	69.361	9.700
12155.9	69.202	9.835	12172.5	69.371	9.698
12156.3	69.209	9.845	12173.0	69.375	9.707
12156.7	69.221	9.869	12173.5	69.374	9.706
12157.2	69.230	9.845	12173.9	69.379	9.718
12157.6	69.247	9.850	12174.3	69.366	9.682
12158.0	69.250	9.845	12174.7	69.388	9.702
12158.4	69.255	9.841	12175.2	69.399	9.705
12158.9	69.254	9.828	12175.7	69.381	9.684
12159.4	69.254	9.824	12176.1	69.387	9.697
12159.9	69.277	9.843	12176.5	69.388	9.694
12160.4	69.284	9.837	12177.0	69.392	9.698
12160.8	69.270	9.816	12177.4	69.396	9.700
12161.2	69.276	9.816	12177.8	69.389	9.682
12161.6	69.278	9.801	12178.3	69.399	9.696
12162.1	69.298	9.802	12178.8	69.405	9.708
12162.6	69.305	9.817	12179.2	69.401	9.684
12163.0	69.310	9.799	12179.8	69.412	9.694
12163.4	69.307	9.788	12180.2	69.401	9.671
12163.9	69.308	9.789	12180.7	69.403	9.671

12181.1	69.419	9.703	12197.8	69.524	9.678
12181.5	69.427	9.703	12198.3	69.512	9.663
12182.0	69.422	9.692	12198.7	69.499	9.654
12182.4	69.417	9.690	12199.2	69.502	9.655
12182.8	69.414	9.684	12199.7	69.524	9.679
12183.4	69.405	9.669	12200.1	69.541	9.666
12183.8	69.429	9.686	12200.5	69.526	9.669
12184.1	69.434	9.689	12201.0	69.539	9.681
12184.6	69.417	9.661	12201.5	69.533	9.666
12185.2	69.426	9.672	12201.9	69.529	9.667
12185.6	69.442	9.679	12202.3	69.541	9.691
12186.1	69.437	9.664	12202.8	69.525	9.660
12186.6	69.447	9.697	12203.3	69.525	9.649
12187.0	69.439	9.668	12203.6	69.539	9.656
12187.4	69.441	9.667	12204.1	69.530	9.642
12187.9	69.435	9.685	12204.7	69.533	9.658
12188.4	69.454	9.679	12205.1	69.535	9.657
12188.8	69.454	9.677	12205.6	69.550	9.674
12189.2	69.458	9.684	12206.1	69.547	9.642
12189.7	69.468	9.693	12206.5	69.560	9.659
12190.1	69.452	9.681	12206.9	69.545	9.649
12190.5	69.474	9.693	12207.4	69.553	9.656
12191.0	69.475	9.683	12207.9	69.556	9.665
12191.5	69.477	9.677	12208.3	69.567	9.678
12191.9	69.468	9.668	12208.7	69.560	9.675
12192.4	69.480	9.680	12209.2	69.561	9.664
12192.9	69.476	9.670	12209.6	69.555	9.651
12193.4	69.479	9.677	12210.0	69.567	9.682
12193.8	69.475	9.671	12210.4	69.584	9.687
12194.2	69.500	9.682	12211.0	69.570	9.664
12194.7	69.479	9.663	12211.5	69.590	9.689
12195.1	69.484	9.667	12211.9	69.570	9.641
12195.5	69.517	9.686	12212.4	69.578	9.668
12196.0	69.502	9.666	12212.9	69.603	9.694
12196.5	69.488	9.656	12213.3	69.587	9.661
12196.9	69.493	9.659	12213.7	69.597	9.681
12197.3	69.512	9.671	12214.2	69.606	9.680

12214.6	69.621	9.693	12231.4	69.797	9.706
12215.0	69.630	9.678	12232.0	69.808	9.700
12215.5	69.639	9.705	12232.4	69.806	9.693
12216.0	69.652	9.717	12232.9	69.819	9.691
12216.4	69.626	9.691	12233.3	69.807	9.684
12216.8	69.630	9.682	12233.7	69.823	9.683
12217.3	69.643	9.680	12234.2	69.833	9.697
12217.8	69.648	9.697	12234.6	69.819	9.661
12218.2	69.655	9.699	12235.1	69.835	9.677
12218.7	69.654	9.704	12235.6	69.835	9.670
12219.2	69.662	9.693	12236.0	69.844	9.688
12219.7	69.675	9.699	12236.4	69.830	9.659
12220.1	69.670	9.690	12236.9	69.846	9.670
12220.5	69.650	9.676	12237.4	69.853	9.671
12221.0	69.676	9.711	12237.8	69.852	9.657
12221.5	69.682	9.700	12238.3	69.843	9.656
12221.9	69.701	9.723	12238.8	69.859	9.656
12222.4	69.697	9.699	12239.3	69.863	9.662
12222.8	69.685	9.676	12239.7	69.859	9.639
12223.2	69.707	9.699	12240.1	69.874	9.662
12223.7	69.693	9.698	12240.6	69.884	9.666
12224.2	69.714	9.711	12241.1	69.879	9.646
12224.6	69.724	9.706	12241.5	69.886	9.654
12225.1	69.717	9.701	12242.0	69.884	9.646
12225.6	69.741	9.736	12242.4	69.886	9.633
12226.1	69.733	9.697	12242.8	69.891	9.644
12226.5	69.736	9.698	12243.2	69.882	9.646
12226.9	69.740	9.700	12243.8	69.896	9.631
12227.4	69.744	9.702	12244.3	69.893	9.627
12227.8	69.749	9.689	12244.7	69.902	9.623
12228.2	69.760	9.694	12245.2	69.900	9.627
12228.7	69.776	9.719	12245.7	69.899	9.612
12229.2	69.769	9.686	12246.1	69.906	9.631
12229.6	69.779	9.719	12246.5	69.895	9.609
12230.0	69.783	9.714	12247.0	69.919	9.625
12230.5	69.795	9.703	12247.5	69.912	9.640
12231.0	69.784	9.693	12247.9	69.900	9.616

12248.3	69.899	9.605	12265.3	69.971	9.596
12248.8	69.909	9.614	12265.8	69.973	9.593
12249.2	69.913	9.622	12266.2	69.972	9.581
12249.6	69.910	9.593	12266.6	69.990	9.613
12250.1	69.917	9.598	12267.1	69.984	9.600
12250.6	69.927	9.608	12267.5	69.974	9.579
12251.1	69.910	9.599	12268.0	69.980	9.599
12251.6	69.913	9.603	12268.5	69.983	9.598
12252.1	69.938	9.618	12268.9	69.993	9.602
12252.5	69.914	9.585	12269.3	69.993	9.589
12252.9	69.912	9.596	12269.8	69.975	9.591
12253.4	69.909	9.586	12270.3	70.022	9.620
12253.9	69.924	9.604	12270.8	70.009	9.604
12254.3	69.942	9.627	12271.2	69.997	9.591
12254.7	69.930	9.615	12271.8	70.007	9.600
12255.2	69.943	9.627	12272.2	70.003	9.602
12255.7	69.930	9.610	12272.6	70.002	9.587
12256.0	69.933	9.606	12273.0	70.001	9.596
12256.5	69.931	9.602	12273.6	70.031	9.612
12257.0	69.933	9.611	12274.0	70.008	9.595
12257.5	69.938	9.600	12274.4	70.003	9.578
12258.0	69.945	9.611	12274.9	70.005	9.597
12258.5	69.952	9.601	12275.4	70.007	9.578
12259.0	69.956	9.609	12275.7	70.025	9.609
12259.3	69.953	9.605	12276.2	70.009	9.582
12259.8	69.949	9.599	12276.7	70.028	9.600
12260.3	69.938	9.599	12277.2	70.023	9.589
12260.7	69.971	9.620	12277.7	70.016	9.579
12261.1	69.959	9.616	12278.2	70.049	9.627
12261.6	69.964	9.602	12278.7	70.026	9.585
12262.1	69.965	9.597	12279.1	70.022	9.581
12262.5	69.943	9.578	12279.5	70.035	9.608
12262.9	69.967	9.599	12280.0	70.049	9.620
12263.4	69.977	9.604	12280.4	70.029	9.614
12263.9	69.972	9.594	12280.9	70.051	9.614
12264.4	69.977	9.595	12281.3	70.044	9.593
12264.9	69.961	9.576	12281.8	70.054	9.613

12282.2	70.046	9.604	12299.3	70.129	9.639
12282.6	70.034	9.603	12299.8	70.141	9.632
12283.1	70.047	9.612	12300.2	70.142	9.623
12283.6	70.054	9.613	12300.6	70.133	9.619
12284.1	70.044	9.600	12301.1	70.136	9.607
12284.6	70.051	9.606	12301.6	70.124	9.601
12285.1	70.045	9.604	12302.0	70.142	9.631
12285.5	70.049	9.604	12302.4	70.144	9.622
12285.9	70.072	9.636	12302.9	70.154	9.641
12286.4	70.070	9.611	12303.4	70.165	9.639
12286.9	70.049	9.584	12303.9	70.152	9.635
12287.3	70.051	9.596	12304.4	70.143	9.613
12287.7	70.067	9.612	12304.8	70.155	9.633
12288.2	70.068	9.602	12305.3	70.169	9.642
12288.7	70.067	9.598	12305.7	70.160	9.630
12289.0	70.071	9.609	12306.1	70.155	9.626
12289.5	70.066	9.598	12306.7	70.175	9.627
12290.0	70.093	9.632	12307.1	70.175	9.623
12290.5	70.083	9.608	12307.5	70.179	9.649
12291.0	70.090	9.631	12308.0	70.185	9.627
12291.5	70.077	9.602	12308.5	70.188	9.641
12292.0	70.097	9.637	12308.9	70.185	9.637
12292.4	70.103	9.615	12309.3	70.198	9.638
12292.8	70.096	9.625	12309.8	70.195	9.627
12293.3	70.098	9.625	12310.3	70.202	9.639
12293.8	70.103	9.614	12310.8	70.190	9.632
12294.2	70.100	9.628	12311.3	70.205	9.651
12294.7	70.091	9.593	12311.8	70.198	9.623
12295.2	70.109	9.618	12312.2	70.208	9.624
12295.5	70.102	9.619	12312.6	70.210	9.633
12296.0	70.105	9.622	12313.1	70.212	9.616
12296.5	70.108	9.611	12313.6	70.212	9.627
12297.0	70.118	9.636	12314.0	70.209	9.619
12297.4	70.113	9.619	12314.5	70.212	9.604
12297.9	70.114	9.614	12315.0	70.243	9.634
12298.4	70.124	9.630	12315.4	70.242	9.628
12298.9	70.132	9.626	12315.8	70.229	9.627

12316.3	70.231	9.618	12333.5	70.351	9.597
12316.8	70.235	9.607	12333.9	70.335	9.577
12317.3	70.251	9.636	12334.3	70.347	9.573
12317.8	70.223	9.594	12334.9	70.324	9.541
12318.3	70.238	9.621	12335.3	70.338	9.563
12318.7	70.254	9.628	12335.7	70.338	9.556
12319.1	70.250	9.624	12336.2	70.350	9.575
12319.6	70.250	9.622	12336.7	70.359	9.578
12320.1	70.236	9.594	12337.2	70.364	9.577
12320.5	70.260	9.617	12337.6	70.351	9.568
12320.9	70.267	9.614	12338.2	70.345	9.565
12321.4	70.264	9.611	12338.6	70.346	9.559
12321.9	70.257	9.607	12339.0	70.354	9.571
12322.2	70.266	9.617	12339.5	70.370	9.587
12322.7	70.271	9.595	12340.0	70.349	9.548
12323.2	70.290	9.624	12340.4	70.347	9.566
12323.7	70.291	9.607	12340.8	70.363	9.571
12324.2	70.281	9.602	12341.3	70.363	9.571
12324.7	70.273	9.597	12341.8	70.367	9.574
12325.2	70.301	9.619	12342.2	70.361	9.571
12325.6	70.278	9.578	12342.6	70.371	9.585
12326.0	70.275	9.586	12343.1	70.352	9.545
12326.5	70.290	9.596	12343.6	70.352	9.540
12327.0	70.318	9.601	12344.1	70.368	9.574
12327.4	70.323	9.613	12344.6	70.367	9.557
12327.9	70.305	9.584	12345.1	70.379	9.567
12328.3	70.284	9.564	12345.5	70.388	9.560
12328.8	70.308	9.581	12345.9	70.385	9.552
12329.2	70.313	9.593	12346.4	70.376	9.555
12329.7	70.313	9.603	12346.9	70.387	9.561
12330.2	70.329	9.616	12347.3	70.371	9.543
12330.6	70.329	9.571	12347.8	70.390	9.556
12331.2	70.328	9.579	12348.3	70.387	9.554
12331.7	70.324	9.575	12348.7	70.377	9.545
12332.1	70.324	9.568	12349.1	70.350	9.524
12332.5	70.323	9.571	12349.6	70.397	9.559
12333.0	70.350	9.588	12350.2	70.374	9.532

12350.6	70.387	9.542	12367.8	70.466	9.546
12351.1	70.397	9.562	12368.3	70.464	9.550
12351.6	70.395	9.541	12368.7	70.457	9.546
12352.1	70.402	9.557	12369.1	70.463	9.562
12352.5	70.401	9.579	12369.6	70.469	9.549
12352.9	70.394	9.543	12370.2	70.471	9.536
12353.5	70.397	9.548	12370.6	70.477	9.550
12353.9	70.395	9.538	12371.1	70.475	9.555
12354.3	70.396	9.549	12371.6	70.487	9.554
12354.8	70.390	9.521	12372.1	70.484	9.550
12355.2	70.393	9.550	12372.5	70.471	9.531
12355.6	70.388	9.531	12372.9	70.498	9.569
12356.1	70.407	9.551	12373.5	70.494	9.557
12356.6	70.399	9.548	12373.9	70.498	9.555
12357.1	70.412	9.550	12374.3	70.470	9.549
12357.6	70.402	9.533	12374.8	70.515	9.579
12358.1	70.430	9.565	12375.3	70.490	9.534
12358.6	70.418	9.536	12375.7	70.480	9.531
12359.0	70.423	9.550	12376.1	70.506	9.562
12359.4	70.444	9.580	12376.7	70.501	9.554
12359.9	70.426	9.550	12377.1	70.498	9.556
12360.4	70.445	9.575	12377.6	70.522	9.555
12360.8	70.431	9.569	12378.1	70.526	9.558
12361.3	70.431	9.555	12378.6	70.505	9.533
12361.8	70.450	9.573	12379.1	70.541	9.583
12362.2	70.439	9.544	12379.4	70.500	9.524
12362.6	70.447	9.569	12379.9	70.539	9.548
12363.1	70.425	9.532	12380.4	70.528	9.555
12363.6	70.465	9.584	12380.8	70.531	9.554
12364.1	70.457	9.566	12381.3	70.537	9.550
12364.6	70.453	9.546	12381.8	70.543	9.561
12365.1	70.462	9.586	12382.2	70.552	9.572
12365.5	70.443	9.534	12382.6	70.534	9.550
12365.9	70.452	9.566	12383.1	70.535	9.534
12366.4	70.464	9.546	12383.7	70.560	9.581
12366.9	70.464	9.564	12384.1	70.570	9.579
12367.3	70.450	9.552	12384.6	70.557	9.566

12385.1	70.567	9.573	12402.4	70.645	9.568
12385.6	70.523	9.521	12402.8	70.634	9.550
12386.0	70.545	9.566	12403.3	70.629	9.550
12386.5	70.581	9.582	12403.8	70.640	9.551
12387.0	70.563	9.549	12404.3	70.641	9.554
12387.4	70.560	9.557	12404.8	70.644	9.542
12387.8	70.564	9.541	12405.3	70.645	9.534
12388.4	70.570	9.559	12405.8	70.658	9.544
12388.8	70.591	9.589	12406.2	70.673	9.576
12389.2	70.578	9.560	12406.6	70.677	9.563
12389.7	70.608	9.574	12407.1	70.659	9.541
12390.2	70.603	9.586	12407.6	70.666	9.562
12390.7	70.593	9.545	12408.0	70.670	9.546
12391.2	70.593	9.569	12408.5	70.662	9.552
12391.7	70.572	9.547	12409.0	70.660	9.542
12392.2	70.606	9.568	12409.4	70.669	9.551
12392.6	70.601	9.574	12409.8	70.665	9.558
12393.0	70.599	9.556	12410.4	70.666	9.534
12393.5	70.608	9.568	12410.9	70.671	9.543
12394.0	70.616	9.595	12411.3	70.688	9.540
12394.4	70.622	9.581	12411.8	70.676	9.527
12394.9	70.617	9.582	12412.3	70.679	9.549
12395.4	70.602	9.557	12412.8	70.682	9.533
12395.8	70.625	9.574	12413.2	70.698	9.564
12396.2	70.637	9.603	12413.7	70.682	9.546
12396.7	70.611	9.536	12414.2	70.677	9.539
12397.2	70.625	9.579	12414.6	70.709	9.566
12397.7	70.632	9.589	12415.0	70.705	9.560
12398.2	70.634	9.566	12415.5	70.697	9.533
12398.7	70.624	9.539	12416.0	70.680	9.526
12399.2	70.638	9.560	12416.4	70.720	9.562
12399.6	70.642	9.561	12416.9	70.702	9.557
12400.0	70.654	9.570	12417.4	70.703	9.542
12400.5	70.648	9.584	12417.9	70.705	9.548
12401.0	70.647	9.573	12418.3	70.702	9.543
12401.4	70.655	9.576	12418.9	70.719	9.557
12401.9	70.634	9.558	12419.3	70.726	9.556

12419.8	70.703	9.515	12437.1	70.731	9.530
12420.2	70.702	9.524	12437.6	70.750	9.553
12420.7	70.701	9.525	12438.1	70.722	9.518
12421.2	70.713	9.532	12438.6	70.720	9.511
12421.6	70.719	9.559	12439.1	70.751	9.550
12422.1	70.724	9.550	12439.6	70.711	9.486
12422.6	70.709	9.524	12440.0	70.738	9.531
12423.0	70.721	9.531	12440.4	70.733	9.514
12423.4	70.727	9.540	12441.0	70.728	9.507
12424.0	70.728	9.537	12441.4	70.732	9.524
12424.5	70.723	9.513	12441.9	70.742	9.548
12424.9	70.725	9.532	12442.4	70.731	9.529
12425.5	70.732	9.527	12442.9	70.738	9.538
12426.0	70.718	9.521	12443.3	70.728	9.516
12426.4	70.737	9.532	12443.7	70.742	9.539
12426.8	70.734	9.543	12444.2	70.721	9.497
12427.3	70.726	9.527	12444.7	70.713	9.524
12427.8	70.727	9.522	12445.2	70.733	9.506
12428.2	70.730	9.536	12445.7	70.717	9.504
12428.7	70.746	9.536	12446.2	70.717	9.498
12429.2	70.731	9.539	12446.7	70.744	9.510
12429.6	70.722	9.538	12447.1	70.731	9.507
12430.0	70.732	9.538	12447.6	70.728	9.502
12430.5	70.738	9.548	12448.1	70.720	9.505
12431.1	70.734	9.520	12448.5	70.721	9.501
12431.5	70.726	9.536	12448.9	70.729	9.517
12432.0	70.730	9.516	12449.5	70.724	9.489
12432.5	70.749	9.553	12449.9	70.719	9.503
12433.0	70.735	9.526	12450.3	70.708	9.501
12433.4	70.739	9.537	12450.8	70.717	9.510
12433.9	70.737	9.533	12451.3	70.708	9.496
12434.4	70.737	9.530	12451.8	70.699	9.480
12434.8	70.742	9.530	12452.3	70.716	9.479
12435.2	70.739	9.528	12452.8	70.722	9.489
12435.7	70.736	9.537	12453.3	70.717	9.481
12436.2	70.721	9.509	12453.7	70.708	9.495
12436.6	70.727	9.520	12454.1	70.699	9.464

12454.7	70.712	9.493	12472.1	70.735	9.483
12455.1	70.728	9.510	12472.6	70.757	9.510
12455.5	70.730	9.483	12473.1	70.745	9.503
12456.0	70.711	9.492	12473.6	70.734	9.492
12456.5	70.723	9.498	12474.1	70.739	9.486
12456.9	70.733	9.497	12474.5	70.777	9.522
12457.4	70.728	9.512	12475.0	70.742	9.484
12457.9	70.741	9.513	12475.5	70.742	9.492
12458.4	70.718	9.494	12475.9	70.750	9.505
12458.9	70.744	9.527	12476.4	70.738	9.497
12459.4	70.735	9.500	12476.9	70.737	9.492
12459.9	70.740	9.508	12477.3	70.751	9.487
12460.3	70.732	9.516	12477.7	70.750	9.490
12460.8	70.738	9.524	12478.3	70.752	9.490
12461.3	70.738	9.516	12478.8	70.762	9.507
12461.8	70.720	9.504	12479.2	70.766	9.487
12462.2	70.726	9.502	12479.8	70.769	9.515
12462.6	70.758	9.525	12480.3	70.772	9.499
12463.2	70.734	9.498	12480.8	70.757	9.489
12463.6	70.740	9.496	12481.2	70.780	9.511
12464.0	70.738	9.507	12481.7	70.764	9.491
12464.5	70.735	9.517	12482.2	70.762	9.489
12465.1	70.750	9.521	12482.6	70.754	9.480
12465.5	70.741	9.515	12483.0	70.761	9.486
12466.0	70.728	9.478	12483.6	70.781	9.495
12466.6	70.754	9.508	12484.0	70.780	9.489
12467.0	70.743	9.520	12484.4	70.784	9.500
12467.4	70.712	9.484	12484.9	70.751	9.464
12467.9	70.741	9.507	12485.5	70.773	9.498
12468.4	70.736	9.499	12485.9	70.769	9.482
12468.8	70.739	9.512	12486.4	70.783	9.502
12469.3	70.738	9.492	12486.9	70.791	9.506
12469.8	70.726	9.483	12487.4	70.763	9.485
12470.3	70.730	9.481	12487.8	70.804	9.511
12470.6	70.740	9.483	12488.3	70.787	9.491
12471.1	70.746	9.499	12488.8	70.800	9.487
12471.6	70.740	9.498	12489.2	70.772	9.456

12489.7	70.789	9.498	12507.4	70.886	9.506
12490.2	70.796	9.507	12507.9	70.881	9.513
12490.7	70.801	9.499	12508.3	70.880	9.523
12491.1	70.802	9.512	12508.7	70.859	9.472
12491.5	70.778	9.488	12509.2	70.866	9.475
12492.0	70.797	9.499	12509.7	70.861	9.469
12492.6	70.782	9.498	12510.1	70.875	9.503
12493.0	70.791	9.488	12510.6	70.889	9.494
12493.6	70.797	9.487	12511.1	70.895	9.491
12494.0	70.802	9.508	12511.6	70.883	9.491
12494.5	70.799	9.512	12512.0	70.898	9.511
12494.9	70.808	9.503	12512.5	70.874	9.486
12495.4	70.815	9.505	12513.0	70.883	9.490
12495.9	70.803	9.503	12513.5	70.898	9.509
12496.3	70.808	9.489	12514.0	70.892	9.488
12496.8	70.814	9.510	12514.5	70.884	9.482
12497.3	70.834	9.502	12515.0	70.903	9.498
12497.8	70.813	9.514	12515.4	70.895	9.483
12498.2	70.828	9.505	12515.9	70.881	9.481
12498.7	70.815	9.493	12516.4	70.890	9.473
12499.2	70.825	9.513	12516.9	70.917	9.496
12499.7	70.846	9.512	12517.3	70.913	9.483
12500.2	70.828	9.488	12517.8	70.912	9.507
12500.7	70.849	9.516	12517.8	70.912	9.507
12501.2	70.842	9.504	12518.3	70.914	9.496
12501.6	70.842	9.484	12518.7	70.929	9.503
12502.1	70.849	9.501	12519.7	70.932	9.498
12502.6	70.844	9.510	12520.2	70.914	9.481
12503.0	70.863	9.498	12520.7	70.934	9.517
12503.5	70.852	9.492	12521.2	70.917	9.477
12504.0	70.864	9.518	12521.7	70.936	9.504
12504.5	70.852	9.491	12522.1	70.917	9.473
12504.9	70.836	9.479	12522.6	70.910	9.478
12505.3	70.841	9.500	12523.1	70.930	9.478
12505.9	70.844	9.476	12523.6	70.946	9.503
12506.4	70.871	9.509	12524.0	70.937	9.481
12506.8	70.869	9.507	12524.5	70.938	9.485

12525.0	70.951	9.495	12542.7	71.015	9.431
12525.4	70.944	9.472	12543.1	71.028	9.451
12525.8	70.941	9.480	12543.6	71.031	9.449
12526.4	70.952	9.500	12544.1	71.015	9.444
12526.9	70.932	9.456	12544.6	71.027	9.467
12527.3	70.934	9.475	12545.0	71.030	9.457
12527.9	70.958	9.505	12545.6	71.011	9.451
12528.4	70.958	9.486	12546.0	71.009	9.430
12528.8	70.978	9.498	12546.4	71.026	9.433
12529.2	70.953	9.484	12546.9	71.020	9.429
12529.7	70.967	9.487	12547.5	71.045	9.456
12530.2	70.954	9.461	12547.9	71.049	9.465
12530.7	70.975	9.457	12548.4	71.025	9.411
12531.1	70.963	9.449	12549.0	71.031	9.404
12531.6	70.975	9.460	12549.4	71.043	9.453
12532.1	70.990	9.493	12549.8	71.027	9.425
12532.5	70.975	9.457	12550.3	71.036	9.407
12533.0	70.977	9.453	12550.8	71.045	9.454
12533.6	70.979	9.434	12551.3	71.047	9.443
12534.0	70.972	9.446	12551.7	71.031	9.410
12534.5	70.976	9.469	12552.2	71.029	9.439
12535.1	71.005	9.486	12552.7	71.052	9.421
12535.6	70.977	9.441	12553.1	71.062	9.438
12536.0	70.997	9.462	12553.6	71.053	9.410
12536.4	71.031	9.489	12554.1	71.036	9.401
12537.0	71.011	9.452	12554.7	71.049	9.394
12537.4	70.982	9.451	12555.1	71.055	9.409
12537.9	71.001	9.468	12555.7	71.068	9.413
12538.4	71.010	9.484	12556.2	71.059	9.391
12538.9	71.010	9.451	12556.6	71.047	9.382
12539.3	70.999	9.464	12557.0	71.075	9.411
12539.7	71.011	9.463	12557.6	71.047	9.386
12540.3	70.999	9.442	12558.1	71.062	9.411
12540.8	71.004	9.453	12558.5	71.064	9.416
12541.2	71.012	9.449	12559.0	71.068	9.398
12541.8	71.015	9.468	12559.5	71.052	9.381
12542.3	70.999	9.419	12559.9	71.089	9.431

12560.3	71.062	9.418	12578.2	71.110	9.363
12560.8	71.051	9.378	12578.8	71.115	9.361
12561.4	71.061	9.381	12579.2	71.117	9.351
12561.9	71.093	9.429	12579.6	71.113	9.356
12562.4	71.083	9.411	12580.2	71.133	9.381
12562.9	71.070	9.384	12580.6	71.108	9.333
12563.4	71.088	9.385	12581.0	71.108	9.328
12563.8	71.088	9.381	12581.5	71.120	9.353
12564.2	71.073	9.375	12582.1	71.118	9.337
12564.8	71.066	9.358	12582.6	71.101	9.332
12565.2	71.078	9.382	12583.0	71.124	9.363
12565.6	71.072	9.365	12583.6	71.142	9.361
12566.2	71.078	9.372	12584.1	71.117	9.339
12566.6	71.108	9.394	12584.5	71.109	9.337
12567.0	71.089	9.379	12584.9	71.098	9.325
12567.5	71.077	9.361	12585.5	71.127	9.360
12568.1	71.100	9.390	12585.9	71.149	9.361
12568.6	71.091	9.393	12586.4	71.148	9.347
12569.0	71.087	9.372	12586.9	71.123	9.336
12569.6	71.093	9.368	12587.4	71.144	9.344
12570.1	71.122	9.413	12587.8	71.157	9.364
12570.5	71.109	9.385	12588.2	71.157	9.349
12571.0	71.083	9.373	12588.8	71.148	9.343
12571.5	71.095	9.372	12589.3	71.155	9.355
12572.0	71.094	9.393	12589.8	71.146	9.319
12572.4	71.092	9.373	12590.3	71.157	9.362
12572.9	71.112	9.402	12590.8	71.152	9.357
12573.4	71.085	9.338	12591.3	71.151	9.354
12573.8	71.103	9.342	12591.7	71.149	9.348
12574.3	71.090	9.370	12592.2	71.149	9.333
12574.8	71.108	9.361	12592.7	71.143	9.326
12575.3	71.109	9.362	12593.2	71.152	9.347
12575.8	71.105	9.361	12593.6	71.146	9.339
12576.3	71.107	9.372	12594.2	71.148	9.324
12576.9	71.113	9.365	12594.6	71.136	9.304
12577.3	71.116	9.360	12595.0	71.148	9.334
12577.7	71.104	9.364	12595.5	71.166	9.354

12596.1	71.172	9.337	12614.0	71.222	9.347
12596.6	71.158	9.340	12614.4	71.182	9.295
12597.1	71.165	9.340	12615.0	71.232	9.333
12597.6	71.160	9.336	12615.5	71.227	9.308
12598.1	71.169	9.327	12615.9	71.228	9.340
12598.5	71.170	9.335	12616.4	71.216	9.312
12599.0	71.155	9.308	12616.9	71.232	9.338
12599.5	71.185	9.349	12617.4	71.219	9.313
12600.0	71.175	9.340	12617.9	71.214	9.304
12600.4	71.174	9.336	12618.4	71.220	9.321
12600.9	71.169	9.323	12618.9	71.234	9.349
12601.4	71.178	9.324	12619.4	71.226	9.330
12601.8	71.155	9.312	12619.8	71.233	9.336
12602.3	71.185	9.313	12620.3	71.228	9.307
12602.8	71.192	9.339	12620.8	71.236	9.320
12603.3	71.177	9.335	12621.3	71.231	9.309
12603.8	71.197	9.348	12621.7	71.223	9.319
12604.3	71.189	9.329	12622.3	71.223	9.286
12604.9	71.198	9.332	12622.7	71.247	9.323
12605.3	71.198	9.358	12623.1	71.234	9.309
12605.7	71.197	9.330	12623.6	71.243	9.291
12606.2	71.175	9.293	12624.2	71.242	9.297
12606.7	71.187	9.279	12624.7	71.238	9.295
12607.2	71.193	9.335	12625.2	71.222	9.291
12607.6	71.194	9.313	12625.7	71.259	9.329
12608.2	71.188	9.320	12626.2	71.260	9.301
12608.6	71.191	9.307	12626.6	71.242	9.287
12609.0	71.180	9.322	12627.1	71.270	9.309
12609.6	71.193	9.317	12627.6	71.262	9.297
12610.1	71.195	9.310	12628.1	71.247	9.297
12610.6	71.210	9.321	12628.5	71.243	9.266
12611.1	71.203	9.314	12629.0	71.255	9.282
12611.6	71.202	9.320	12629.5	71.271	9.306
12612.1	71.203	9.328	12629.9	71.262	9.290
12612.5	71.184	9.314	12630.4	71.249	9.294
12613.0	71.203	9.302	12631.0	71.287	9.320
12613.6	71.220	9.342	12631.5	71.259	9.286

12632.0	71.280	9.332	12650.0	71.310	9.279
12632.5	71.290	9.327	12650.5	71.308	9.276
12633.0	71.261	9.297	12650.9	71.307	9.250
12633.4	71.247	9.290	12651.4	71.312	9.264
12633.9	71.290	9.324	12651.9	71.311	9.260
12634.4	71.292	9.316	12652.4	71.309	9.268
12634.9	71.281	9.291	12652.9	71.289	9.236
12635.3	71.267	9.260	12653.5	71.320	9.241
12635.8	71.285	9.305	12654.0	71.306	9.261
12636.4	71.256	9.275	12654.4	71.301	9.246
12636.8	71.278	9.311	12654.9	71.326	9.258
12637.2	71.286	9.312	12655.4	71.315	9.255
12637.8	71.257	9.256	12655.9	71.312	9.269
12638.3	71.287	9.278	12656.3	71.278	9.265
12638.8	71.285	9.276	12656.8	71.343	9.257
12639.3	71.276	9.260	12657.3	71.347	9.258
12639.8	71.276	9.259	12657.8	71.321	9.264
12640.3	71.267	9.264	12658.2	71.326	9.262
12640.7	71.278	9.271	12658.7	71.334	9.253
12641.2	71.291	9.275	12659.3	71.347	9.270
12641.7	71.295	9.289	12659.8	71.319	9.262
12642.2	71.295	9.278	12660.3	71.346	9.283
12642.6	71.298	9.283	12660.8	71.340	9.254
12643.2	71.285	9.259	12661.3	71.322	9.230
12643.6	71.286	9.278	12661.7	71.326	9.238
12644.0	71.267	9.237	12662.2	71.339	9.248
12644.5	71.292	9.290	12662.7	71.334	9.256
12645.1	71.286	9.246	12663.2	71.351	9.254
12645.6	71.291	9.267	12663.6	71.348	9.259
12646.1	71.282	9.250	12664.2	71.334	9.238
12646.6	71.299	9.279	12664.6	71.347	9.248
12647.1	71.312	9.277	12665.0	71.347	9.256
12647.5	71.303	9.263	12665.5	71.350	9.240
12648.0	71.305	9.277	12666.1	71.341	9.231
12648.5	71.280	9.234	12666.6	71.345	9.219
12649.0	71.325	9.302	12667.1	71.350	9.243
12649.4	71.312	9.274	12667.6	71.367	9.261

12668.1	71.352	9.237	12686.1	71.408	9.222
12668.6	71.358	9.260	12686.6	71.380	9.202
12669.0	71.359	9.238	12687.1	71.415	9.212
12669.5	71.357	9.248	12687.7	71.404	9.226
12670.0	71.334	9.211	12688.1	71.404	9.233
12670.5	71.330	9.197	12688.7	71.398	9.247
12671.0	71.382	9.241	12689.2	71.398	9.212
12671.5	71.367	9.227	12689.7	71.389	9.221
12671.9	71.376	9.237	12690.1	71.387	9.233
12672.4	71.357	9.217	12690.6	71.417	9.227
12672.9	71.379	9.240	12691.2	71.410	9.220
12673.5	71.350	9.222	12691.6	71.389	9.197
12674.0	71.376	9.263	12692.1	71.405	9.203
12674.5	71.371	9.245	12692.6	71.423	9.230
12675.0	71.380	9.241	12693.1	71.407	9.201
12675.5	71.360	9.203	12693.5	71.427	9.223
12675.9	71.389	9.251	12694.0	71.409	9.219
12676.4	71.370	9.234	12694.6	71.408	9.193
12676.9	71.348	9.231	12695.1	71.416	9.210
12677.4	71.368	9.222	12695.6	71.399	9.177
12677.8	71.378	9.236	12696.1	71.399	9.220
12678.4	71.395	9.256	12696.6	71.399	9.191
12678.8	71.370	9.228	12697.0	71.400	9.198
12679.3	71.345	9.202	12697.5	71.406	9.209
12679.8	71.358	9.233	12698.1	71.415	9.190
12680.3	71.390	9.248	12698.5	71.368	9.178
12680.8	71.369	9.237	12699.0	71.430	9.197
12681.3	71.349	9.217	12699.5	71.438	9.212
12681.9	71.387	9.251	12700.0	71.426	9.204
12682.3	71.390	9.253	12700.4	71.416	9.209
12682.8	71.332	9.197	12700.9	71.430	9.203
12683.2	71.363	9.210	12701.4	71.441	9.230
12683.8	71.362	9.204	12702.0	71.419	9.207
12684.3	71.370	9.277	12702.4	71.427	9.217
12684.7	71.331	9.210	12703.0	71.403	9.178
12685.2	71.417	9.242	12703.5	71.389	9.175
12685.7	71.414	9.220	12703.9	71.406	9.156

12704.4	71.424	9.204	12722.6	71.437	9.158
12704.9	71.425	9.200	12723.2	71.439	9.153
12705.4	71.412	9.160	12723.6	71.453	9.173
12705.8	71.420	9.185	12724.2	71.451	9.172
12706.3	71.410	9.181	12724.7	71.445	9.174
12706.9	71.413	9.163	12725.2	71.452	9.177
12707.3	71.418	9.195	12725.6	71.456	9.165
12707.8	71.419	9.167	12726.1	71.477	9.179
12708.3	71.421	9.165	12726.6	71.465	9.172
12708.9	71.427	9.172	12727.1	71.427	9.156
12709.3	71.423	9.135	12727.6	71.459	9.183
12709.9	71.416	9.163	12728.1	71.474	9.194
12710.4	71.426	9.179	12728.6	71.466	9.174
12710.9	71.439	9.181	12729.0	71.463	9.178
12711.3	71.412	9.147	12729.5	71.459	9.157
12711.8	71.416	9.156	12730.1	71.456	9.155
12712.4	71.431	9.197	12730.6	71.452	9.174
12712.8	71.426	9.183	12731.1	71.459	9.173
12713.2	71.464	9.180	12731.6	71.489	9.216
12713.8	71.447	9.175	12732.1	71.457	9.161
12714.3	71.420	9.142	12732.6	71.474	9.201
12714.7	71.441	9.200	12733.0	71.473	9.178
12715.2	71.436	9.160	12733.6	71.446	9.132
12715.8	71.420	9.151	12734.1	71.462	9.166
12716.3	71.435	9.148	12734.5	71.465	9.160
12716.8	71.428	9.168	12735.0	71.470	9.163
12717.3	71.434	9.156	12735.5	71.509	9.226
12717.8	71.453	9.178	12736.0	71.455	9.139
12718.2	71.434	9.143	12736.4	71.480	9.189
12718.7	71.458	9.167	12737.0	71.470	9.170
12719.2	71.453	9.179	12737.5	71.465	9.153
12719.7	71.464	9.172	12738.0	71.488	9.175
12720.2	71.434	9.136	12738.6	71.484	9.157
12720.7	71.453	9.174	12739.1	71.495	9.154
12721.2	71.436	9.158	12739.5	71.484	9.184
12721.6	71.435	9.139	12740.0	71.463	9.120
12722.1	71.464	9.185	12740.5	71.498	9.167

12741.0	71.462	9.128	12759.3	71.532	9.151
12741.4	71.502	9.164	12759.9	71.555	9.175
12741.9	71.485	9.141	12760.4	71.547	9.157
12742.5	71.505	9.158	12760.9	71.543	9.172
12742.9	71.505	9.169	12761.3	71.538	9.140
12743.3	71.510	9.149	12761.8	71.520	9.130
12743.9	71.516	9.183	12762.3	71.508	9.091
12744.4	71.474	9.127	12762.8	71.543	9.120
12744.9	71.507	9.166	12763.2	71.546	9.137
12745.4	71.506	9.145	12763.8	71.518	9.110
12746.0	71.503	9.153	12764.3	71.499	9.085
12746.5	71.491	9.164	12764.7	71.539	9.127
12746.9	71.537	9.178	12765.2	71.529	9.134
12747.4	71.506	9.143	12765.8	71.527	9.126
12747.9	71.529	9.164	12766.3	71.534	9.097
12748.4	71.507	9.143	12766.8	71.545	9.119
12748.9	71.508	9.130	12767.3	71.555	9.125
12749.4	71.506	9.152	12767.8	71.537	9.111
12749.9	71.500	9.147	12768.3	71.530	9.102
12750.3	71.515	9.133	12768.7	71.548	9.124
12750.8	71.535	9.179	12769.3	71.549	9.119
12751.4	71.527	9.143	12769.8	71.548	9.126
12751.9	71.512	9.152	12770.2	71.564	9.145
12752.4	71.509	9.145	12770.7	71.532	9.093
12752.9	71.506	9.119	12771.3	71.566	9.148
12753.5	71.512	9.164	12771.7	71.562	9.134
12753.9	71.514	9.141	12772.2	71.565	9.125
12754.3	71.539	9.178	12772.7	71.547	9.122
12754.9	71.513	9.134	12773.3	71.551	9.107
12755.4	71.529	9.178	12773.8	71.533	9.067
12755.8	71.523	9.138	12774.3	71.563	9.128
12756.3	71.544	9.174	12774.8	71.548	9.111
12756.9	71.530	9.147	12775.3	71.580	9.152
12757.3	71.517	9.121	12775.7	71.576	9.143
12757.7	71.534	9.182	12776.2	71.567	9.118
12758.3	71.535	9.178	12776.8	71.532	9.092
12758.8	71.508	9.117	12777.2	71.555	9.100

12777.7	71.565	9.084	12796.3	71.609	9.101
12778.3	71.586	9.105	12796.8	71.623	9.104
12778.7	71.561	9.098	12797.2	71.622	9.101
12779.1	71.556	9.112	12797.7	71.616	9.103
12779.6	71.557	9.091	12798.2	71.586	9.077
12780.2	71.587	9.101	12798.7	71.620	9.124
12780.7	71.601	9.117	12799.1	71.598	9.066
12781.2	71.563	9.068	12799.7	71.613	9.085
12781.8	71.566	9.100	12800.2	71.597	9.100
12782.3	71.568	9.095	12800.6	71.607	9.087
12782.7	71.595	9.147	12801.1	71.620	9.125
12783.2	71.578	9.113	12801.7	71.617	9.066
12783.7	71.558	9.094	12802.2	71.610	9.086
12784.2	71.573	9.105	12802.7	71.613	9.101
12784.6	71.596	9.127	12803.2	71.618	9.079
12785.2	71.578	9.082	12803.7	71.623	9.103
12785.7	71.608	9.127	12804.2	71.606	9.064
12786.1	71.579	9.079	12804.6	71.641	9.119
12786.6	71.582	9.101	12805.2	71.610	9.084
12787.2	71.545	9.035	12805.7	71.591	9.068
12787.7	71.575	9.075	12806.1	71.614	9.092
12788.2	71.562	9.074	12806.7	71.628	9.106
12788.7	71.612	9.126	12807.2	71.623	9.112
12789.3	71.623	9.101	12807.6	71.598	9.059
12789.7	71.599	9.080	12808.1	71.649	9.145
12790.2	71.588	9.085	12808.6	71.598	9.075
12790.7	71.606	9.102	12809.2	71.624	9.076
12791.2	71.614	9.102	12809.7	71.594	9.073
12791.7	71.629	9.117	12810.2	71.616	9.103
12792.2	71.585	9.039	12810.8	71.585	9.063
12792.7	71.582	9.081	12811.3	71.602	9.068
12793.2	71.600	9.085	12811.7	71.621	9.085
12793.6	71.599	9.094	12812.2	71.595	9.043
12794.1	71.634	9.143	12812.8	71.648	9.161
12794.7	71.610	9.065	12813.2	71.591	9.074
12795.2	71.579	9.058	12813.7	71.616	9.099
12795.7	71.592	9.085	12814.2	71.595	9.052

12814.7	71.610	9.088	12833.3	71.624	9.065
12815.1	71.636	9.126	12833.8	71.639	9.096
12815.6	71.632	9.079	12834.3	71.621	9.095
12816.2	71.634	9.083	12834.8	71.623	9.058
12816.7	71.610	9.082	12835.2	71.606	9.046
12817.2	71.638	9.130	12835.8	71.595	9.036
12817.8	71.627	9.107	12836.3	71.617	9.040
12818.3	71.615	9.079	12836.7	71.611	9.058
12818.7	71.633	9.081	12837.2	71.605	9.081
12819.2	71.630	9.067	12837.8	71.612	9.081
12819.7	71.608	9.065	12838.3	71.575	8.991
12820.2	71.620	9.090	12838.8	71.651	9.106
12820.7	71.628	9.073	12839.3	71.620	9.075
12821.2	71.632	9.077	12839.9	71.633	9.093
12821.7	71.638	9.111	12840.3	71.622	9.085
12822.2	71.600	9.074	12840.8	71.605	9.059
12822.6	71.642	9.105	12841.3	71.630	9.095
12823.2	71.630	9.108	12841.8	71.587	9.040
12823.7	71.621	9.082	12842.3	71.634	9.102
12824.2	71.632	9.109	12842.8	71.622	9.070
12824.8	71.590	9.058	12843.3	71.599	9.064
12825.3	71.601	9.053	12843.8	71.599	9.059
12825.8	71.619	9.089	12844.2	71.601	9.060
12826.2	71.642	9.096	12844.7	71.597	9.069
12826.7	71.627	9.120	12845.3	71.600	9.057
12827.3	71.629	9.107	12845.8	71.604	9.070
12827.7	71.640	9.116	12846.3	71.619	9.073
12828.2	71.627	9.070	12846.9	71.600	9.066
12828.7	71.607	9.059	12847.4	71.645	9.104
12829.2	71.633	9.094	12847.8	71.630	9.105
12829.7	71.627	9.068	12848.3	71.595	9.079
12830.2	71.632	9.104	12848.9	71.604	9.042
12830.8	71.617	9.043	12849.4	71.624	9.108
12831.3	71.603	9.102	12849.8	71.617	9.098
12831.8	71.613	9.056	12850.4	71.626	9.083
12832.3	71.622	9.085	12850.9	71.601	9.032
12832.8	71.640	9.102	12851.3	71.587	9.037

12851.8	71.608	9.064	12870.6	71.617	9.050
12852.4	71.608	9.068	12871.1	71.603	9.069
12852.9	71.602	9.082	12871.5	71.592	9.039
12853.4	71.601	9.074	12872.1	71.613	9.080
12854.0	71.591	9.042	12872.6	71.598	9.052
12854.5	71.608	9.075	12873.0	71.571	9.005
12854.9	71.604	9.089	12873.5	71.591	9.067
12855.4	71.588	9.043	12874.1	71.610	9.053
12855.9	71.569	9.001	12874.6	71.601	9.041
12856.5	71.583	9.046	12875.1	71.588	9.025
12856.9	71.608	9.102	12875.7	71.605	9.027
12857.4	71.576	9.033	12876.2	71.579	9.019
12857.9	71.593	9.078	12876.7	71.591	9.055
12858.4	71.597	9.045	12877.1	71.596	9.054
12858.8	71.585	9.066	12877.6	71.580	9.029
12859.4	71.599	9.064	12878.2	71.612	9.059
12860.0	71.586	9.065	12878.6	71.586	8.993
12860.4	71.571	9.029	12879.1	71.587	9.023
12861.0	71.572	9.037	12879.7	71.605	9.037
12861.5	71.584	9.041	12880.2	71.596	9.021
12862.0	71.586	9.046	12880.6	71.593	9.043
12862.5	71.555	9.014	12881.1	71.595	9.005
12862.9	71.587	9.058	12881.7	71.598	9.046
12863.5	71.582	9.051	12882.2	71.600	9.050
12864.0	71.591	9.042	12882.7	71.612	9.021
12864.4	71.574	9.038	12883.2	71.628	9.093
12865.0	71.570	9.026	12883.8	71.594	9.059
12865.5	71.593	9.067	12884.2	71.623	9.042
12865.9	71.585	9.055	12884.7	71.612	9.029
12866.4	71.584	9.014	12885.2	71.605	9.026
12867.0	71.586	9.037	12885.7	71.573	9.002
12867.5	71.589	9.026	12886.2	71.604	9.028
12868.0	71.581	9.031	12886.7	71.590	9.045
12868.6	71.572	9.019	12887.3	71.593	9.023
12869.1	71.591	9.056	12887.7	71.590	8.997
12869.6	71.597	9.045	12888.2	71.601	9.029
12870.0	71.578	9.041	12888.7	71.604	9.047

12889.3	71.581	9.006	12908.0	71.588	8.973
12889.8	71.610	9.047	12908.5	71.623	9.041
12890.3	71.608	9.013	12909.1	71.665	9.064
12890.9	71.620	9.044	12909.6	71.621	9.005
12891.4	71.624	9.062	12910.0	71.621	9.026
12891.8	71.619	9.063	12910.5	71.624	9.050
12892.3	71.578	8.989	12911.1	71.627	8.993
12892.9	71.635	9.073	12911.6	71.616	9.038
12893.3	71.639	9.076	12912.2	71.656	9.067
12893.8	71.608	9.052	12912.7	71.625	9.035
12894.4	71.625	9.080	12913.2	71.637	9.031
12894.8	71.628	9.061	12913.7	71.627	9.061
12895.3	71.619	9.062	12914.2	71.630	9.040
12895.8	71.620	9.082	12914.7	71.610	9.005
12896.4	71.630	9.061	12915.2	71.622	9.031
12896.9	71.624	9.060	12915.7	71.668	9.069
12897.4	71.597	9.005	12916.2	71.611	8.986
12898.0	71.598	9.028	12916.7	71.636	9.012
12898.5	71.631	9.069	12917.1	71.651	9.040
12898.9	71.632	9.044	12917.6	71.645	9.013
12899.4	71.608	9.043	12918.2	71.646	9.029
12900.0	71.598	9.033	12918.7	71.638	9.031
12900.5	71.619	9.067	12919.3	71.647	9.042
12900.9	71.603	9.025	12919.8	71.626	9.025
12901.4	71.593	9.009	12920.3	71.595	8.962
12902.0	71.602	9.013	12920.8	71.622	8.992
12902.4	71.614	9.037	12921.3	71.622	9.006
12902.9	71.611	9.056	12921.8	71.653	9.023
12903.4	71.580	8.990	12922.3	71.661	9.052
12904.0	71.592	9.022	12922.8	71.644	9.017
12904.5	71.630	9.064	12923.3	71.668	9.068
12905.1	71.655	9.083	12923.8	71.659	9.034
12905.6	71.650	9.055	12924.3	71.667	9.033
12906.1	71.630	9.011	12924.7	71.632	9.000
12906.5	71.630	9.040	12925.3	71.631	9.005
12907.0	71.614	9.022	12925.9	71.644	9.031
12907.6	71.621	9.036	12926.4	71.631	9.014

12926.9	71.649	9.009	12945.8	71.671	8.992
12927.5	71.638	8.988	12946.3	71.687	9.022
12928.0	71.635	8.962	12946.7	71.661	8.988
12928.4	71.653	9.038	12947.2	71.656	8.950
12928.9	71.671	9.028	12947.8	71.672	9.004
12929.5	71.665	9.038	12948.3	71.680	9.026
12930.0	71.681	8.998	12948.8	71.695	9.021
12930.4	71.685	9.045	12949.4	71.668	8.951
12931.0	71.645	9.018	12949.9	71.704	9.023
12931.5	71.652	9.026	12950.4	71.713	9.067
12931.9	71.659	9.014	12950.9	71.641	8.954
12932.4	71.639	9.001	12951.4	71.672	8.994
12933.0	71.649	8.997	12951.9	71.673	8.990
12933.6	71.656	9.000	12952.4	71.678	8.996
12934.0	71.652	9.032	12952.9	71.669	8.962
12934.6	71.651	9.009	12953.5	71.661	8.962
12935.1	71.675	9.034	12953.9	71.666	8.981
12935.6	71.665	9.031	12954.4	71.662	8.964
12936.1	71.665	9.034	12955.0	71.703	9.030
12936.6	71.676	9.047	12955.5	71.670	8.960
12937.1	71.693	9.045	12956.0	71.683	8.996
12937.6	71.667	9.008	12956.6	71.717	9.038
12938.1	71.687	9.028	12957.1	71.705	9.023
12938.7	71.675	9.005	12957.6	71.697	9.021
12939.1	71.631	8.963	12958.0	71.716	9.028
12939.6	71.679	9.071	12958.6	71.694	9.009
12940.1	71.676	9.031	12959.1	71.713	9.025
12940.7	71.710	9.059	12959.6	71.669	8.951
12941.2	71.663	9.000	12960.1	71.676	8.969
12941.7	71.665	8.998	12960.6	71.690	8.992
12942.3	71.688	8.998	12961.1	71.684	8.970
12942.8	71.701	9.017	12961.5	71.698	9.015
12943.2	71.650	8.976	12962.1	71.678	8.976
12943.7	71.668	9.013	12962.6	71.670	8.972
12944.3	71.674	9.025	12963.2	71.656	8.965
12944.7	71.682	9.011	12963.7	71.666	8.980
12945.2	71.696	9.051	12964.3	71.683	8.970

12964.8	71.710	8.982	12983.6	71.746	8.998
12965.2	71.709	9.005	12984.1	71.733	8.945
12965.7	71.683	8.978	12984.7	71.725	8.955
12966.3	71.709	8.992	12985.3	71.748	8.985
12966.8	71.717	9.018	12985.8	71.736	8.960
12967.2	71.669	8.967	12986.3	71.703	8.953
12967.8	71.719	8.991	12986.9	71.723	8.961
12968.3	71.707	9.002	12987.4	71.725	8.940
12968.7	71.737	9.042	12987.8	71.749	8.969
12969.2	71.689	8.957	12988.3	71.755	8.968
12969.8	71.715	8.990	12988.9	71.769	9.009
12970.4	71.695	8.977	12989.4	71.734	8.986
12970.9	71.744	9.037	12989.8	71.748	9.005
12971.4	71.718	8.996	12990.4	71.720	8.937
12972.0	71.703	8.976	12990.9	71.749	8.972
12972.5	71.702	8.977	12991.3	71.749	8.965
12972.9	71.713	9.007	12991.9	71.740	8.943
12973.4	71.705	8.948	12992.5	71.771	9.022
12974.0	71.714	8.962	12993.0	71.760	8.986
12974.5	71.730	9.000	12993.5	71.770	8.969
12974.9	71.713	8.960	12994.1	71.761	8.966
12975.5	71.702	8.960	12994.6	71.765	8.978
12976.0	71.714	8.995	12995.1	71.715	8.900
12976.4	71.703	8.941	12995.6	71.740	8.922
12977.0	71.706	8.947	12996.1	71.747	8.942
12977.6	71.734	9.015	12996.6	71.772	8.948
12978.1	71.721	8.955	12997.1	71.767	8.955
12978.6	71.715	8.954	12997.6	71.776	8.938
12979.2	71.743	9.009	12998.2	71.792	9.013
12979.7	71.742	8.950	12998.6	71.753	8.926
12980.1	71.735	9.013	12999.1	71.768	8.952
12980.6	71.731	8.990	12999.7	71.772	8.987
12981.2	71.755	9.013	13000.2	71.735	8.911
12981.7	71.718	8.987	13000.7	71.758	8.944
12982.1	71.721	8.935	13001.3	71.771	8.945
12982.7	71.758	8.999	13001.8	71.754	8.913
12983.2	71.737	8.962	13002.3	71.742	8.903

13002.8	71.762	8.892	13021.9	71.762	8.891
13003.3	71.766	8.946	13022.4	71.768	8.933
13003.8	71.754	8.925	13022.9	71.755	8.878
13004.3	71.735	8.899	13023.5	71.748	8.885
13004.8	71.726	8.893	13024.1	71.764	8.888
13005.4	71.790	8.976	13024.6	71.785	8.929
13005.8	71.774	8.967	13025.0	71.756	8.882
13006.3	71.761	8.925	13025.5	71.771	8.903
13006.8	71.768	8.953	13026.1	71.756	8.886
13007.4	71.753	8.931	13026.6	71.795	8.894
13007.9	71.755	8.890	13027.0	71.775	8.913
13008.5	71.757	8.950	13027.6	71.769	8.895
13009.0	71.753	8.923	13028.1	71.776	8.899
13009.6	71.755	8.929	13028.5	71.787	8.916
13010.0	71.776	8.943	13029.1	71.801	8.938
13010.5	71.766	8.907	13029.7	71.785	8.896
13011.1	71.734	8.849	13030.2	71.780	8.899
13011.6	71.758	8.907	13030.7	71.793	8.888
13012.0	71.740	8.908	13031.3	71.793	8.875
13012.6	71.797	8.956	13031.8	71.773	8.899
13013.1	71.757	8.883	13032.3	71.799	8.888
13013.6	71.795	8.919	13032.8	71.782	8.915
13014.1	71.768	8.885	13033.3	71.780	8.888
13014.7	71.762	8.951	13033.9	71.775	8.890
13015.2	71.757	8.886	13034.3	71.822	8.962
13015.7	71.759	8.907	13034.9	71.795	8.874
13016.3	71.762	8.896	13035.4	71.822	8.929
13016.8	71.787	8.895	13035.9	71.801	8.909
13017.3	71.786	8.927	13036.3	71.802	8.936
13017.8	71.760	8.928	13036.9	71.758	8.861
13018.3	71.748	8.895	13037.5	71.780	8.891
13018.8	71.750	8.890	13038.0	71.753	8.823
13019.3	71.761	8.901	13038.6	71.802	8.925
13019.8	71.762	8.938	13039.1	71.799	8.902
13020.4	71.771	8.913	13039.6	71.777	8.855
13020.8	71.764	8.896	13040.1	71.764	8.821
13021.3	71.742	8.867	13040.6	71.781	8.867

13041.2	71.784	8.833	13060.4	71.793	8.824
13041.6	71.772	8.856	13060.9	71.803	8.847
13042.1	71.839	8.933	13061.5	71.833	8.874
13042.7	71.803	8.860	13062.0	71.813	8.839
13043.2	71.805	8.894	13062.4	71.847	8.887
13043.6	71.798	8.873	13062.9	71.803	8.845
13044.1	71.776	8.828	13063.5	71.787	8.804
13044.7	71.787	8.854	13064.0	71.802	8.853
13045.2	71.796	8.854	13064.4	71.830	8.858
13045.8	71.801	8.879	13065.0	71.797	8.828
13046.3	71.804	8.898	13065.5	71.811	8.807
13046.9	71.805	8.844	13066.0	71.811	8.857
13047.3	71.787	8.840	13066.5	71.786	8.767
13047.8	71.759	8.787	13067.1	71.812	8.866
13048.4	71.842	8.919	13067.6	71.810	8.821
13048.9	71.810	8.902	13068.1	71.787	8.788
13049.4	71.754	8.793	13068.7	71.820	8.798
13049.9	71.800	8.870	13069.2	71.842	8.875
13050.5	71.810	8.896	13069.7	71.827	8.856
13050.9	71.788	8.838	13070.2	71.844	8.849
13051.4	71.815	8.889	13070.7	71.813	8.797
13052.0	71.812	8.846	13071.3	71.829	8.830
13052.5	71.795	8.892	13071.8	71.822	8.838
13053.0	71.783	8.845	13072.3	71.836	8.828
13053.6	71.817	8.874	13072.8	71.831	8.818
13054.2	71.820	8.867	13073.3	71.835	8.811
13054.7	71.782	8.819	13073.8	71.827	8.817
13055.1	71.785	8.844	13074.3	71.789	8.758
13055.7	71.799	8.844	13074.9	71.818	8.834
13056.2	71.816	8.884	13075.4	71.882	8.904
13056.7	71.800	8.845	13076.0	71.830	8.811
13057.2	71.804	8.825	13076.6	71.830	8.801
13057.8	71.827	8.897	13077.1	71.843	8.846
13058.2	71.816	8.838	13077.5	71.821	8.808
13058.7	71.819	8.858	13078.1	71.827	8.858
13059.2	71.798	8.825	13078.6	71.826	8.814
13059.8	71.808	8.801	13079.1	71.823	8.821

13079.6	71.873	8.905	13099.0	71.806	8.710
13080.2	71.845	8.836	13099.6	71.826	8.785
13080.7	71.827	8.819	13100.0	71.856	8.790
13081.1	71.844	8.842	13100.5	71.849	8.788
13081.6	71.822	8.797	13101.1	71.859	8.853
13082.2	71.810	8.838	13101.6	71.849	8.805
13082.8	71.836	8.841	13102.1	71.845	8.814
13083.3	71.827	8.847	13102.6	71.845	8.810
13083.9	71.832	8.818	13103.2	71.837	8.811
13084.4	71.849	8.871	13103.6	71.828	8.783
13084.9	71.851	8.867	13104.1	71.837	8.785
13085.3	71.836	8.855	13104.7	71.855	8.802
13085.9	71.847	8.807	13105.2	71.867	8.844
13086.4	71.832	8.807	13105.8	71.878	8.874
13086.9	71.832	8.831	13106.3	71.873	8.835
13087.4	71.801	8.800	13106.9	71.857	8.796
13088.0	71.857	8.895	13107.4	71.848	8.806
13088.4	71.864	8.844	13107.8	71.884	8.865
13088.9	71.827	8.767	13108.4	71.845	8.804
13089.5	71.871	8.863	13108.9	71.852	8.813
13090.1	71.791	8.716	13109.4	71.889	8.891
13090.6	71.832	8.815	13109.9	71.827	8.764
13091.1	71.849	8.837	13110.5	71.865	8.856
13091.7	71.854	8.837	13111.0	71.836	8.805
13092.2	71.846	8.828	13111.4	71.815	8.808
13092.7	71.891	8.899	13111.9	71.822	8.739
13093.2	71.863	8.837	13112.6	71.869	8.798
13093.8	71.825	8.800	13113.1	71.864	8.872
13094.2	71.835	8.788	13113.6	71.879	8.866
13094.7	71.847	8.838	13114.2	71.873	8.797
13095.3	71.880	8.890	13114.7	71.831	8.790
13095.8	71.836	8.802	13115.2	71.826	8.741
13096.3	71.817	8.790	13115.7	71.817	8.733
13096.8	71.874	8.854	13116.3	71.858	8.793
13097.4	71.844	8.820	13116.8	71.849	8.781
13097.9	71.897	8.882	13117.3	71.896	8.812
13098.5	71.876	8.856	13117.8	71.892	8.830

13118.4	71.859	8.811	13137.9	71.878	8.778
13118.8	71.849	8.826	13138.3	71.868	8.717
13119.3	71.883	8.811	13138.9	71.913	8.832
13119.9	71.882	8.860	13139.4	71.908	8.796
13120.5	71.863	8.775	13139.9	71.855	8.736
13121.0	71.841	8.753	13140.4	71.868	8.783
13121.6	71.823	8.741	13141.0	71.870	8.764
13122.1	71.858	8.818	13141.5	71.873	8.725
13122.6	71.821	8.739	13141.9	71.908	8.793
13123.1	71.842	8.815	13142.5	71.874	8.757
13123.6	71.856	8.786	13143.1	71.867	8.791
13124.2	71.809	8.723	13143.6	71.858	8.708
13124.7	71.861	8.795	13144.2	71.926	8.867
13125.1	71.865	8.799	13144.7	71.873	8.729
13125.7	71.854	8.804	13145.3	71.881	8.764
13126.2	71.840	8.757	13145.7	71.903	8.780
13126.7	71.865	8.798	13146.2	71.835	8.665
13127.2	71.833	8.710	13146.8	71.876	8.711
13127.8	71.888	8.824	13147.3	71.893	8.755
13128.3	71.844	8.799	13147.8	71.912	8.794
13128.8	71.825	8.720	13148.3	71.857	8.728
13129.4	71.866	8.795	13148.9	71.866	8.686
13130.0	71.881	8.784	13149.3	71.861	8.703
13130.4	71.863	8.771	13149.8	71.922	8.817
13130.9	71.867	8.785	13150.4	71.900	8.753
13131.5	71.845	8.685	13151.0	71.891	8.764
13132.0	71.866	8.762	13151.5	71.906	8.782
13132.5	71.845	8.768	13152.1	71.890	8.730
13133.0	71.847	8.769	13152.6	71.867	8.722
13133.6	71.881	8.795	13153.1	71.832	8.663
13134.0	71.874	8.773	13153.6	71.873	8.722
13134.5	71.875	8.786	13154.1	71.890	8.768
13135.1	71.872	8.772	13154.7	71.882	8.754
13135.7	71.880	8.760	13155.2	71.905	8.731
13136.2	71.901	8.788	13155.7	71.923	8.802
13136.8	71.906	8.831	13156.3	71.892	8.753
13137.3	71.859	8.777	13156.8	71.891	8.753

13157.2	71.865	8.685	13176.8	71.878	8.701
13157.7	71.911	8.748	13177.4	71.879	8.659
13158.4	71.874	8.737	13177.9	71.918	8.762
13158.9	71.881	8.725	13178.4	71.884	8.688
13159.5	71.916	8.789	13179.0	71.910	8.742
13160.0	71.882	8.717	13179.5	71.905	8.696
13160.6	71.892	8.737	13180.0	71.903	8.727
13161.0	71.919	8.791	13180.5	71.894	8.749
13161.5	71.863	8.700	13181.1	71.919	8.786
13162.1	71.880	8.719	13181.7	71.927	8.750
13162.6	71.861	8.686	13182.2	71.922	8.730
13163.1	71.904	8.790	13182.8	71.892	8.705
13163.7	71.880	8.703	13183.3	71.879	8.681
13164.2	71.871	8.696	13183.8	71.905	8.766
13164.7	71.901	8.731	13184.3	71.885	8.696
13165.1	71.885	8.743	13184.9	71.903	8.701
13165.7	71.873	8.741	13185.4	71.871	8.697
13166.3	71.857	8.712	13185.9	71.917	8.727
13166.8	71.908	8.739	13186.4	71.879	8.695
13167.4	71.913	8.768	13187.0	71.897	8.720
13168.0	71.892	8.709	13187.5	71.887	8.719
13168.5	71.910	8.764	13187.9	71.915	8.762
13168.9	71.939	8.816	13188.5	71.918	8.738
13169.5	71.871	8.720	13189.1	71.899	8.728
13170.0	71.912	8.763	13189.6	71.889	8.737
13170.5	71.924	8.764	13190.2	71.896	8.734
13171.0	71.895	8.712	13190.8	71.911	8.715
13171.6	71.872	8.723	13191.3	71.884	8.668
13172.1	71.907	8.750	13191.7	71.902	8.740
13172.5	71.909	8.742	13192.2	71.879	8.640
13173.1	71.871	8.729	13192.8	71.882	8.677
13173.7	71.884	8.689	13193.3	71.856	8.622
13174.2	71.904	8.779	13193.8	71.921	8.777
13174.8	71.907	8.778	13194.4	71.909	8.740
13175.4	71.888	8.763	13194.9	71.862	8.630
13175.9	71.877	8.672	13195.4	71.888	8.727
13176.3	71.893	8.735	13195.9	71.856	8.646

13196.5	71.901	8.734	13216.3	71.912	8.716
13197.1	71.910	8.712	13216.7	71.882	8.681
13197.6	71.870	8.628	13217.3	71.883	8.654
13198.2	71.945	8.809	13217.9	71.915	8.745
13198.7	71.905	8.722	13218.3	71.870	8.630
13199.2	71.883	8.688	13218.8	71.891	8.647
13199.7	71.858	8.675	13219.4	71.905	8.699
13200.3	71.898	8.675	13220.0	71.874	8.624
13200.8	71.926	8.734	13220.5	71.919	8.684
13201.3	71.885	8.640	13221.1	71.888	8.614
13201.8	71.927	8.744	13221.7	71.880	8.647
13202.4	71.897	8.704	13222.2	71.942	8.747
13202.9	71.878	8.694	13222.6	71.897	8.645
13203.3	71.894	8.728	13223.2	71.889	8.663
13203.9	71.915	8.769	13223.8	71.922	8.703
13204.5	71.931	8.690	13224.3	71.908	8.684
13205.0	71.900	8.706	13224.8	71.897	8.625
13205.6	71.936	8.732	13225.4	71.891	8.637
13206.2	71.897	8.681	13225.9	71.837	8.608
13206.7	71.860	8.612	13226.3	71.857	8.616
13207.2	71.890	8.716	13226.9	71.921	8.666
13207.7	71.899	8.708	13227.5	71.916	8.628
13208.3	71.873	8.651	13228.0	71.930	8.730
13208.8	71.910	8.751	13228.6	71.884	8.675
13209.3	71.887	8.647	13229.2	71.883	8.664
13209.8	71.891	8.672	13229.7	71.904	8.666
13210.4	71.941	8.740	13230.2	71.945	8.772
13210.8	71.899	8.734	13230.7	71.899	8.702
13211.4	71.881	8.633	13231.3	71.849	8.578
13211.9	71.899	8.719	13231.8	71.894	8.705
13212.5	71.921	8.711	13232.3	71.907	8.655
13213.0	71.885	8.673	13232.8	71.913	8.704
13213.6	71.842	8.629	13233.4	71.921	8.699
13214.2	71.911	8.757	13233.8	71.884	8.624
13214.7	71.894	8.671	13234.3	71.916	8.693
13215.1	71.894	8.646	13234.9	71.913	8.691
13215.7	71.885	8.660	13235.5	71.906	8.636

13236.0	71.846	8.563	13255.9	71.874	8.660
13236.6	71.910	8.652	13256.5	71.923	8.726
13237.2	71.916	8.710	13256.9	71.903	8.660
13237.7	71.919	8.655	13257.4	71.883	8.630
13238.2	71.886	8.689	13258.0	71.910	8.642
13238.7	71.904	8.681	13258.6	71.876	8.609
13239.3	71.893	8.608	13259.1	71.888	8.679
13239.8	71.877	8.665	13259.7	71.877	8.587
13240.3	71.901	8.666	13260.3	71.881	8.626
13240.9	71.908	8.668	13260.8	71.926	8.656
13241.4	71.930	8.741	13261.3	71.882	8.591
13241.8	71.938	8.715	13261.8	71.937	8.703
13242.4	71.859	8.636	13262.4	71.923	8.708
13243.0	71.869	8.652	13262.9	71.876	8.603
13243.6	71.910	8.729	13263.4	71.860	8.645
13244.1	71.917	8.703	13264.0	71.868	8.590
13244.7	71.893	8.642	13264.5	71.894	8.636
13245.3	71.898	8.650	13265.0	71.884	8.628
13245.7	71.870	8.570	13265.5	71.906	8.663
13246.2	71.886	8.707	13266.1	71.880	8.615
13246.8	71.876	8.613	13266.7	71.865	8.587
13247.3	71.861	8.661	13267.2	71.887	8.652
13247.8	71.886	8.630	13267.8	71.928	8.733
13248.4	71.893	8.726	13268.4	71.858	8.607
13249.0	71.898	8.659	13268.9	71.891	8.616
13249.4	71.876	8.619	13269.4	71.872	8.555
13249.9	71.880	8.686	13269.9	71.891	8.615
13250.5	71.845	8.579	13270.5	71.896	8.631
13251.1	71.897	8.726	13271.0	71.890	8.641
13251.6	71.902	8.650	13271.5	71.912	8.654
13252.2	71.882	8.617	13272.1	71.929	8.651
13252.8	71.856	8.661	13272.6	71.929	8.687
13253.3	71.921	8.690	13273.1	71.842	8.547
13253.7	71.907	8.660	13273.6	71.864	8.544
13254.3	71.928	8.724	13274.3	71.854	8.601
13254.9	71.834	8.616	13274.8	71.945	8.681
13255.3	71.867	8.651	13275.3	71.912	8.645

13275.9	71.940	8.718	13295.8	71.869	8.550
13276.5	71.893	8.619	13296.3	71.903	8.679
13276.9	71.883	8.592	13296.9	71.852	8.552
13277.4	71.884	8.554	13297.5	71.846	8.585
13278.1	71.922	8.713	13298.0	71.912	8.625
13278.5	71.909	8.628	13298.6	71.876	8.611
13279.0	71.866	8.543	13299.2	71.873	8.615
13279.6	71.891	8.675	13299.7	71.882	8.620
13280.2	71.903	8.649	13300.2	71.878	8.605
13280.6	71.887	8.598	13300.7	71.915	8.640
13281.1	71.867	8.561	13301.3	71.897	8.621
13281.8	71.873	8.598	13301.8	71.877	8.608
13282.3	71.888	8.599	13302.3	71.860	8.569
13282.9	71.872	8.586	13302.9	71.888	8.596
13283.5	71.848	8.509	13303.5	71.887	8.643
13284.0	71.895	8.591	13303.9	71.853	8.589
13284.5	71.879	8.552	13304.4	71.869	8.576
13285.0	71.886	8.593	13305.0	71.872	8.625
13285.6	71.911	8.664	13305.6	71.832	8.495
13286.1	71.896	8.629	13306.2	71.884	8.617
13286.6	71.900	8.628	13306.8	71.872	8.566
13287.2	71.923	8.664	13307.3	71.849	8.584
13287.8	71.921	8.625	13307.8	71.813	8.463
13288.2	71.914	8.645	13308.3	71.887	8.632
13288.7	71.886	8.627	13308.9	71.851	8.548
13289.3	71.920	8.639	13309.5	71.831	8.543
13289.9	71.903	8.640	13310.0	71.851	8.567
13290.5	71.847	8.580	13310.5	71.830	8.524
13291.1	71.849	8.581	13311.1	71.875	8.578
13291.6	71.940	8.695	13311.6	71.854	8.525
13292.1	71.894	8.622	13312.1	71.873	8.630
13292.6	71.887	8.633	13312.6	71.848	8.564
13293.2	71.919	8.700	13313.3	71.840	8.530
13293.8	71.882	8.592	13313.8	71.857	8.557
13294.2	71.905	8.664	13314.4	71.850	8.539
13294.7	71.905	8.680	13315.0	71.894	8.651
13295.4	71.931	8.670	13315.5	71.879	8.588

13316.0	71.906	8.610	13336.0	71.887	8.608
13316.5	71.839	8.541	13336.7	71.838	8.494
13317.1	71.862	8.518	13337.2	71.849	8.541
13317.6	71.838	8.508	13337.8	71.831	8.505
13318.1	71.874	8.529	13338.4	71.806	8.511
13318.7	71.875	8.554	13338.9	71.856	8.588
13319.2	71.895	8.661	13339.4	71.842	8.563
13319.7	71.822	8.512	13339.9	71.824	8.478
13320.2	71.855	8.514	13340.5	71.822	8.517
13320.8	71.891	8.646	13341.0	71.820	8.541
13321.4	71.865	8.574	13341.5	71.813	8.533
13321.9	71.871	8.623	13342.1	71.872	8.617
13322.5	71.816	8.527	13342.7	71.843	8.488
13323.1	71.880	8.592	13343.1	71.803	8.504
13323.6	71.835	8.562	13343.6	71.867	8.580
13324.1	71.845	8.539	13344.2	71.843	8.557
13324.7	71.825	8.544	13344.8	71.854	8.598
13325.2	71.878	8.644	13345.4	71.811	8.531
13325.7	71.859	8.531	13346.0	71.794	8.509
13326.2	71.873	8.585	13346.6	71.814	8.522
13326.9	71.923	8.676	13347.1	71.860	8.587
13327.3	71.856	8.546	13347.5	71.872	8.648
13327.8	71.806	8.484	13348.1	71.812	8.532
13328.4	71.870	8.631	13348.7	71.846	8.565
13329.0	71.904	8.686	13349.2	71.791	8.543
13329.5	71.869	8.575	13349.7	71.801	8.500
13330.2	71.866	8.572	13350.3	71.800	8.505
13330.7	71.853	8.543	13350.8	71.805	8.531
13331.3	71.816	8.540	13351.3	71.820	8.484
13331.7	71.822	8.541	13351.9	71.825	8.484
13332.3	71.849	8.542	13352.5	71.830	8.547
13332.9	71.875	8.552	13353.0	71.832	8.540
13333.4	71.836	8.483	13353.6	71.791	8.497
13333.9	71.874	8.515	13354.2	71.818	8.584
13334.5	71.805	8.476	13354.8	71.800	8.531
13335.0	71.875	8.575	13355.2	71.821	8.575
13335.5	71.821	8.490	13355.8	71.809	8.518

13356.4	71.809	8.562	13376.6	71.767	8.487
13356.9	71.835	8.576	13377.2	71.760	8.485
13357.4	71.842	8.575	13377.8	71.779	8.562
13358.0	71.838	8.561	13378.4	71.772	8.492
13358.5	71.793	8.483	13378.8	71.755	8.406
13359.0	71.827	8.539	13379.4	71.799	8.536
13359.5	71.788	8.518	13380.0	71.786	8.517
13360.1	71.802	8.533	13380.5	71.814	8.583
13360.7	71.843	8.561	13381.0	71.751	8.454
13361.3	71.805	8.544	13381.6	71.758	8.486
13361.9	71.783	8.458	13382.1	71.762	8.520
13362.4	71.854	8.591	13382.6	71.750	8.433
13362.9	71.786	8.462	13383.1	71.744	8.425
13363.4	71.787	8.481	13383.7	71.798	8.584
13364.0	71.799	8.565	13384.3	71.786	8.498
13364.6	71.840	8.557	13384.8	71.814	8.559
13365.1	71.843	8.538	13385.5	71.777	8.558
13365.6	71.801	8.474	13386.0	71.791	8.548
13366.2	71.793	8.532	13386.6	71.772	8.521
13366.7	71.820	8.546	13387.0	71.826	8.576
13367.2	71.799	8.484	13387.6	71.736	8.439
13367.8	71.791	8.472	13388.2	71.748	8.501
13368.4	71.802	8.536	13388.7	71.789	8.552
13368.9	71.832	8.622	13389.2	71.749	8.486
13369.5	71.794	8.499	13389.8	71.749	8.485
13370.1	71.791	8.488	13390.3	71.747	8.492
13370.6	71.781	8.497	13390.8	71.737	8.441
13371.1	71.818	8.568	13391.4	71.780	8.604
13371.6	71.823	8.581	13392.0	71.772	8.480
13372.3	71.785	8.515	13392.6	71.757	8.549
13372.8	71.785	8.471	13393.1	71.794	8.569
13373.3	71.826	8.616	13393.7	71.781	8.472
13373.9	71.781	8.535	13394.3	71.802	8.523
13374.4	71.805	8.567	13394.8	71.790	8.545
13374.9	71.762	8.468	13395.3	71.713	8.439
13375.5	71.811	8.547	13395.9	71.774	8.530
13376.1	71.821	8.554	13396.5	71.798	8.557

13396.9	71.768	8.588	13417.5	71.754	8.493
13397.6	71.743	8.485	13418.0	71.682	8.419
13398.1	71.784	8.535	13418.5	71.664	8.335
13398.6	71.786	8.584	13419.1	71.693	8.446
13399.1	71.773	8.498	13419.7	71.761	8.548
13399.7	71.779	8.558	13420.2	71.725	8.543
13400.3	71.776	8.512	13420.7	71.708	8.448
13400.8	71.708	8.363	13421.3	71.747	8.543
13401.5	71.768	8.559	13421.9	71.725	8.495
13402.0	71.762	8.552	13422.4	71.744	8.517
13402.5	71.717	8.426	13422.8	71.701	8.475
13403.0	71.737	8.406	13423.5	71.723	8.471
13403.6	71.786	8.566	13424.1	71.715	8.461
13404.2	71.702	8.476	13424.6	71.680	8.388
13404.7	71.742	8.504	13425.2	71.690	8.426
13405.2	71.764	8.514	13425.8	71.704	8.505
13405.8	71.718	8.445	13426.3	71.672	8.442
13406.3	71.748	8.518	13426.8	71.655	8.346
13406.8	71.751	8.451	13427.4	71.761	8.514
13407.4	71.699	8.397	13428.0	71.708	8.471
13408.0	71.725	8.507	13428.5	71.706	8.395
13408.5	71.729	8.450	13429.0	71.657	8.315
13409.2	71.777	8.585	13429.6	71.716	8.504
13409.7	71.745	8.517	13430.1	71.681	8.445
13410.3	71.749	8.446	13430.6	71.719	8.447
13410.7	71.769	8.568	13431.2	71.696	8.429
13411.3	71.714	8.465	13431.8	71.665	8.422
13411.9	71.730	8.466	13432.3	71.654	8.382
13412.4	71.726	8.470	13432.9	71.732	8.527
13412.9	71.723	8.461	13433.5	71.739	8.566
13413.5	71.785	8.569	13434.1	71.620	8.359
13414.1	71.733	8.453	13434.6	71.673	8.405
13414.5	71.727	8.488	13435.1	71.706	8.436
13415.1	71.744	8.509	13435.7	71.645	8.376
13415.7	71.779	8.555	13436.2	71.664	8.398
13416.3	71.716	8.429	13436.7	71.713	8.507
13416.9	71.717	8.508	13437.3	71.669	8.454

13437.9	71.612	8.279	13458.5	71.647	8.435
13438.4	71.674	8.478	13459.0	71.778	8.455
13438.9	71.693	8.481	13459.6	71.679	8.415
13439.6	71.623	8.384	13460.1	71.601	8.425
13440.1	71.602	8.398	13460.7	71.623	8.352
13440.7	71.601	8.319	13461.2	71.602	8.441
13441.3	71.728	8.327	13461.8	71.575	8.369
13441.9	71.912	8.520	13462.3	71.587	8.330
13442.4	71.717	8.445	13462.8	71.591	8.386
13442.9	71.680	8.469	13463.4	71.576	8.361
13443.5	71.603	8.417	13464.1	71.576	8.361
13444.0	71.571	8.309	13464.6	71.636	8.462
13444.6	71.651	8.429	13465.2	71.643	8.438
13445.1	71.647	8.470	13465.8	71.624	8.420
13445.7	71.620	8.393	13466.3	71.599	8.378
13446.2	71.620	8.428	13466.8	71.585	8.357
13446.7	71.617	8.430	13467.4	71.563	8.367
13447.3	71.615	8.328	13468.0	71.587	8.361
13447.9	71.582	8.333	13468.5	71.555	8.370
13448.4	71.658	8.468	13469.0	71.573	8.396
13449.0	71.669	8.491	13469.6	71.567	8.359
13449.7	71.665	8.489	13470.1	71.551	8.372
13450.2	71.678	8.515	13470.6	71.481	8.277
13450.7	71.655	8.457	13471.2	71.675	8.335
13451.2	71.655	8.479	13471.8	71.750	8.395
13451.8	71.584	8.225	13472.4	71.701	8.552
13452.3	71.640	8.422	13473.0	71.567	8.359
13452.8	71.612	8.386	13473.6	71.500	8.316
13453.4	71.610	8.358	13474.1	71.562	8.428
13454.0	71.585	8.308	13474.6	71.535	8.334
13454.5	71.600	8.486	13475.2	71.570	8.403
13455.0	71.520	8.321	13475.8	71.540	8.326
13455.7	71.493	8.332	13476.3	71.585	8.446
13456.2	71.642	8.385	13476.8	71.552	8.341
13456.8	71.767	8.430	13477.4	71.522	8.315
13457.4	71.621	8.389	13478.0	71.543	8.271
13458.0	71.506	8.314	13478.4	71.541	8.375

13479.0	71.565	8.411	13499.8	71.452	8.293
13479.6	71.549	8.345	13500.3	71.451	8.300
13480.2	71.520	8.284	13500.8	71.466	8.273
13480.7	71.597	8.476	13501.4	71.466	8.290
13481.4	71.521	8.322	13502.0	71.470	8.332
13481.9	71.513	8.384	13502.5	71.498	8.417
13482.5	71.561	8.431	13503.0	71.485	8.338
13483.0	71.579	8.474	13503.6	71.426	8.198
13483.6	71.510	8.338	13504.2	71.430	8.352
13484.1	71.511	8.231	13504.8	71.500	8.409
13484.6	71.518	8.309	13505.4	71.493	8.393
13485.2	71.533	8.379	13506.0	71.542	8.454
13485.8	71.557	8.305	13506.5	71.442	8.219
13486.3	71.545	8.382	13507.0	71.429	8.356
13486.8	71.524	8.340	13507.6	71.447	8.278
13487.4	71.550	8.414	13508.2	71.432	8.228
13488.0	71.523	8.319	13508.7	71.463	8.381
13488.6	71.502	8.380	13509.3	71.431	8.305
13489.2	71.526	8.320	13509.9	71.471	8.409
13489.8	71.481	8.252	13510.4	71.506	8.370
13490.3	71.550	8.392	13510.9	71.401	8.268
13490.8	71.571	8.412	13511.5	71.415	8.272
13491.4	71.477	8.244	13512.1	71.403	8.283
13492.0	71.528	8.466	13512.7	71.450	8.382
13492.5	71.517	8.392	13513.3	71.463	8.382
13493.0	71.545	8.424	13513.9	71.458	8.354
13493.6	71.557	8.414	13514.4	71.446	8.337
13494.2	71.518	8.377	13514.9	71.390	8.234
13494.6	71.518	8.421	13515.4	71.464	8.386
13495.2	71.460	8.256	13516.1	71.385	8.258
13495.8	71.511	8.369	13516.6	71.373	8.151
13496.4	71.548	8.500	13517.1	71.417	8.332
13497.0	71.491	8.356	13517.7	71.418	8.251
13497.6	71.481	8.298	13518.3	71.430	8.340
13498.1	71.490	8.304	13518.7	71.435	8.325
13498.6	71.482	8.290	13519.3	71.401	8.283
13499.2	71.455	8.309	13519.9	71.381	8.338

13520.5	71.385	8.243	13541.3	71.268	8.206
13521.1	71.437	8.375	13541.9	71.378	8.338
13521.7	71.420	8.356	13542.5	71.353	8.276
13522.3	71.376	8.299	13543.0	71.287	8.243
13522.8	71.392	8.259	13543.5	71.330	8.312
13523.3	71.448	8.363	13544.1	71.281	8.206
13523.9	71.358	8.227	13544.7	71.263	8.223
13524.5	71.347	8.214	13545.2	71.340	8.228
13525.0	71.388	8.263	13545.9	71.286	8.254
13525.5	71.406	8.366	13546.5	71.325	8.323
13526.2	71.359	8.194	13547.0	71.311	8.240
13526.6	71.366	8.302	13547.5	71.289	8.172
13527.2	71.342	8.179	13548.1	71.355	8.348
13527.8	71.359	8.292	13548.7	71.308	8.211
13528.4	71.402	8.371	13549.2	71.275	8.200
13528.9	71.350	8.260	13549.8	71.307	8.276
13529.6	71.356	8.255	13550.4	71.284	8.183
13530.2	71.446	8.431	13550.9	71.282	8.212
13530.7	71.411	8.346	13551.4	71.287	8.216
13531.2	71.370	8.314	13552.0	71.257	8.188
13531.8	71.418	8.327	13552.6	71.259	8.126
13532.4	71.346	8.199	13553.2	71.298	8.302
13532.9	71.416	8.431	13553.8	71.294	8.317
13533.4	71.337	8.236	13554.4	71.243	8.091
13534.0	71.353	8.218	13555.0	71.275	8.217
13534.6	71.359	8.353	13555.5	71.324	8.278
13535.1	71.291	8.211	13556.0	71.259	8.176
13535.6	71.313	8.256	13556.6	71.257	8.346
13536.3	71.395	8.355	13557.2	71.270	8.284
13536.8	71.271	8.232	13557.7	71.289	8.338
13537.4	71.304	8.178	13558.3	71.293	8.299
13538.0	71.338	8.253	13558.9	71.279	8.267
13538.6	71.330	8.313	13559.3	71.261	8.235
13539.1	71.356	8.242	13559.9	71.251	8.224
13539.6	71.314	8.181	13560.5	71.245	8.264
13540.2	71.323	8.285	13561.1	71.239	8.263
13540.8	71.313	8.207	13561.7	71.237	8.198

13562.3	71.255	8.223	13583.2	71.128	8.201
13562.9	71.219	8.179	13583.7	71.104	8.104
13563.4	71.265	8.261	13584.2	71.123	8.279
13563.9	71.219	8.215	13584.9	71.147	8.202
13564.5	71.218	8.283	13585.5	71.142	8.268
13565.1	71.178	8.208	13586.0	71.102	8.251
13565.6	71.193	8.198	13586.7	71.076	8.078
13566.2	71.248	8.227	13587.3	71.074	8.192
13566.8	71.223	8.216	13587.8	71.132	8.255
13567.3	71.147	8.159	13588.3	71.048	8.071
13567.8	71.234	8.160	13588.9	71.059	8.169
13568.4	71.239	8.289	13589.5	71.066	8.162
13569.0	71.227	8.215	13590.0	71.074	8.157
13569.6	71.202	8.208	13590.5	71.069	8.165
13570.2	71.208	8.221	13591.2	71.070	8.223
13570.8	71.166	8.152	13591.7	71.066	8.264
13571.3	71.169	8.179	13592.2	71.064	8.170
13571.8	71.206	8.301	13592.8	71.053	8.176
13572.4	71.166	8.188	13593.4	71.058	8.228
13573.0	71.188	8.269	13594.0	71.081	8.268
13573.6	71.156	8.226	13594.6	71.067	8.112
13574.1	71.150	8.147	13595.2	71.064	8.158
13574.7	71.176	8.196	13595.8	71.022	8.086
13575.3	71.258	8.387	13596.3	71.057	8.186
13575.7	71.157	8.201	13596.8	71.091	8.245
13576.3	71.201	8.275	13597.5	71.093	8.308
13577.0	71.164	8.158	13598.0	71.054	8.189
13577.5	71.168	8.214	13598.5	71.003	8.163
13578.1	71.167	8.197	13599.1	71.047	8.237
13578.8	71.143	8.230	13599.7	71.044	8.222
13579.3	71.165	8.239	13600.2	71.049	8.168
13579.8	71.166	8.213	13600.7	71.008	8.118
13580.4	71.185	8.326	13601.4	71.020	8.183
13581.0	71.122	8.188	13602.0	71.021	8.199
13581.5	71.048	7.993	13602.5	71.020	8.118
13582.1	71.152	8.240	13603.2	70.993	8.136
13582.6	71.171	8.290	13603.8	71.053	8.279

13604.3	70.993	8.119	13625.2	70.843	8.170
13604.8	71.037	8.199	13625.9	70.836	8.105
13605.4	71.017	8.186	13626.5	70.839	8.165
13606.0	70.998	8.222	13627.1	70.858	8.229
13606.5	71.006	8.183	13627.7	70.803	8.144
13607.1	70.991	8.121	13628.3	70.808	8.126
13607.7	70.975	8.097	13628.8	70.821	8.145
13608.2	71.014	8.246	13629.3	70.816	8.181
13608.7	70.981	8.181	13629.9	70.833	8.175
13609.3	70.970	8.172	13630.5	70.817	8.183
13609.9	70.930	8.122	13631.0	70.811	8.143
13610.5	70.951	8.126	13631.6	70.819	8.203
13611.1	70.956	8.167	13632.2	70.786	8.095
13611.7	70.914	8.176	13632.7	70.832	8.219
13612.2	70.950	8.146	13633.2	70.733	7.956
13612.7	70.914	8.116	13633.8	70.764	8.132
13613.3	70.943	8.161	13634.5	70.814	8.222
13613.9	70.925	8.174	13635.0	70.751	8.129
13614.5	70.934	8.126	13635.6	70.757	8.158
13615.0	70.938	8.212	13636.2	70.706	8.080
13615.6	70.866	8.028	13636.8	70.758	8.213
13616.2	70.941	8.154	13637.3	70.687	8.111
13616.7	70.892	8.100	13637.9	70.649	8.089
13617.2	70.853	8.043	13638.5	70.684	8.072
13617.9	70.927	8.139	13639.0	70.756	8.222
13618.5	70.864	8.111	13639.6	70.668	8.033
13619.1	70.881	8.182	13640.2	70.695	8.159
13619.7	70.889	8.182	13640.8	70.718	8.116
13620.3	70.860	8.141	13641.2	70.692	8.048
13620.8	70.914	8.245	13641.8	70.749	8.360
13621.3	70.862	8.145	13642.5	70.671	8.110
13622.0	70.876	8.150	13643.1	70.654	8.201
13622.5	70.870	8.133	13643.6	70.644	8.122
13623.0	70.877	8.239	13644.3	70.681	8.205
13623.6	70.855	8.172	13644.9	70.676	8.143
13624.2	70.803	8.053	13645.4	70.710	8.258
13624.7	70.816	8.156	13645.9	70.655	8.038

13646.5	70.677	8.084	13667.7	70.408	8.170
13647.1	70.644	8.133	13668.3	70.375	8.075
13647.6	70.617	8.089	13668.9	70.359	8.073
13648.2	70.642	8.202	13669.6	70.346	7.980
13648.8	70.631	8.136	13670.1	70.382	8.092
13649.3	70.592	8.023	13670.6	70.350	8.084
13649.8	70.575	8.070	13671.2	70.348	8.058
13650.5	70.637	8.194	13671.8	70.315	8.105
13651.1	70.629	8.153	13672.3	70.313	8.083
13651.6	70.589	8.040	13672.9	70.354	8.193
13652.3	70.535	8.051	13673.5	70.286	8.012
13652.9	70.591	8.128	13674.0	70.315	8.021
13653.4	70.569	8.111	13674.5	70.281	8.109
13653.9	70.539	8.049	13675.1	70.285	8.196
13654.5	70.587	8.235	13675.8	70.278	8.049
13655.1	70.562	8.179	13676.3	70.251	8.073
13655.7	70.565	8.159	13677.0	70.256	8.130
13656.2	70.539	8.138	13677.6	70.266	8.141
13656.8	70.600	8.230	13678.1	70.290	8.169
13657.4	70.553	8.112	13678.6	70.252	8.099
13657.8	70.508	8.093	13679.2	70.201	8.076
13658.4	70.496	8.080	13679.8	70.164	7.978
13659.1	70.486	8.021	13680.4	70.201	8.021
13659.7	70.530	8.223	13680.9	70.136	7.975
13660.2	70.481	8.091	13681.5	70.177	8.105
13660.9	70.462	8.082	13682.1	70.193	8.138
13661.5	70.436	8.087	13682.6	70.135	8.076
13662.0	70.468	8.080	13683.1	70.117	8.013
13662.5	70.445	8.002	13683.8	70.104	8.021
13663.2	70.448	8.012	13684.4	70.099	8.145
13663.7	70.457	8.109	13685.0	70.118	8.122
13664.2	70.437	8.180	13685.6	70.140	8.118
13664.9	70.425	8.066	13686.2	70.106	8.023
13665.5	70.397	8.043	13686.7	70.065	7.987
13665.9	70.366	8.071	13687.3	70.105	8.178
13666.5	70.399	8.062	13687.9	70.087	8.178
13667.2	70.416	8.059	13688.5	70.019	7.968

13689.0	70.021	8.134	13710.4	69.427	8.019
13689.6	70.046	8.139	13711.1	69.426	8.183
13690.2	70.032	8.125	13711.6	69.350	7.994
13690.7	69.959	8.022	13712.1	69.337	7.987
13691.2	70.002	8.069	13712.7	69.292	8.011
13691.9	69.927	8.075	13713.3	69.229	7.907
13692.5	69.935	8.078	13713.9	69.298	8.079
13693.1	69.965	8.103	13714.4	69.244	8.014
13693.7	69.885	7.978	13715.1	69.207	8.093
13694.3	69.910	8.196	13715.6	69.172	8.006
13694.9	69.924	8.070	13716.1	69.185	8.119
13695.3	69.858	8.021	13716.7	69.088	7.979
13696.0	69.900	8.039	13717.4	69.071	8.009
13696.6	69.868	8.160	13717.9	69.041	7.990
13697.1	69.844	8.105	13718.5	68.981	7.987
13697.6	69.815	8.140	13719.1	68.989	8.047
13698.3	69.750	8.002	13719.7	68.965	8.093
13698.8	69.801	8.130	13720.2	68.935	8.133
13699.3	69.762	8.040	13720.8	68.873	8.064
13699.9	69.717	8.003	13721.4	68.847	8.027
13700.5	69.737	8.035	13721.9	68.795	8.067
13701.1	69.728	8.095	13722.5	68.782	8.205
13701.7	69.710	7.979	13723.1	68.709	8.106
13702.4	69.666	7.977	13723.7	68.677	8.170
13702.9	69.665	8.160	13724.2	68.620	8.083
13703.4	69.634	8.043	13724.7	68.562	8.108
13704.0	69.604	8.044	13725.4	68.492	8.107
13704.6	69.655	8.081	13726.0	68.435	8.149
13705.2	69.615	8.048	13726.6	68.399	8.160
13705.7	69.570	8.085	13727.2	68.320	8.123
13706.3	69.566	7.995	13727.8	68.259	8.276
13706.9	69.510	8.083	13728.3	68.174	8.141
13707.4	69.538	8.036	13728.9	68.184	8.325
13707.9	69.504	8.104	13729.5	68.025	8.254
13708.6	69.442	8.034	13730.1	67.963	8.322
13709.2	69.443	7.992	13730.6	67.868	8.332
13709.8	69.424	8.066	13731.2	67.801	8.561

13731.8	67.680	8.418	13753.3	68.746	10.732
13732.3	67.547	8.496	13753.8	68.753	10.711
13732.8	67.565	8.765	13754.4	68.755	10.683
13733.5	67.520	8.919	13755.1	68.751	10.778
13734.1	67.518	9.044	13755.6	68.759	10.822
13734.7	67.555	9.241	13756.1	68.847	10.897
13735.3	67.575	9.265	13756.8	68.825	10.954
13735.9	67.660	9.496	13757.3	68.865	11.025
13736.5	67.689	9.520	13757.8	68.925	11.028
13737.0	67.760	9.546	13758.4	68.995	11.088
13737.6	67.806	9.722	13759.1	69.087	11.130
13738.2	67.848	9.842	13759.7	69.165	11.222
13738.8	67.838	9.818	13760.3	69.267	11.170
13739.3	67.894	9.922	13760.9	69.320	11.280
13740.0	67.974	9.989	13761.5	69.444	11.336
13740.5	67.882	9.761	13762.0	69.423	11.082
13741.0	67.906	9.930	13762.6	69.521	11.201
13741.6	67.949	10.058	13763.2	69.516	11.116
13742.2	67.946	10.053	13763.8	69.576	11.084
13742.8	68.028	10.209	13764.3	69.563	10.924
13743.4	68.059	10.201	13764.9	69.621	10.971
13744.1	68.108	10.308	13765.5	69.633	11.071
13744.6	68.188	10.413	13766.0	69.656	11.101
13745.2	68.307	10.585	13766.6	69.661	11.045
13745.7	68.335	10.634	13767.2	69.660	11.049
13746.3	68.333	10.453	13767.8	69.663	11.099
13746.9	68.419	10.564	13768.4	69.627	10.963
13747.4	68.534	10.738	13769.0	69.651	10.969
13748.0	68.606	10.688	13769.7	69.747	11.087
13748.6	68.536	10.397	13770.2	69.672	10.903
13749.1	68.624	10.610	13770.7	69.644	10.864
13749.7	68.639	10.674	13771.3	69.706	11.035
13750.3	68.672	10.659	13771.9	69.805	11.096
13750.9	68.682	10.534	13772.5	69.681	10.941
13751.5	68.723	10.762	13773.0	69.702	10.913
13752.1	68.689	10.615	13773.7	69.733	11.094
13752.8	68.661	10.589	13774.2	69.706	11.028

13774.7	69.689	10.913	13796.4	70.560	11.176
13775.3	69.642	10.819	13797.1	70.491	11.033
13776.0	69.725	11.104	13797.6	70.482	11.015
13776.5	69.711	11.042	13798.1	70.604	11.279
13777.2	69.775	11.230	13798.8	70.520	11.053
13777.8	69.759	11.151	13799.3	70.550	11.021
13778.4	69.824	11.325	13799.8	70.575	11.048
13778.9	69.849	11.394	13800.4	70.582	11.155
13779.5	69.828	11.214	13801.1	70.596	11.041
13780.1	69.841	11.111	13801.7	70.624	11.109
13780.7	69.893	11.257	13802.3	70.555	11.102
13781.2	69.872	11.218	13803.0	70.615	11.106
13781.9	69.924	11.139	13803.6	70.565	10.993
13782.4	69.969	11.268	13804.1	70.528	10.891
13782.9	70.050	11.429	13804.6	70.520	10.943
13783.5	70.105	11.340	13805.3	70.620	11.010
13784.2	70.123	11.290	13805.8	70.590	11.008
13784.8	70.209	11.497	13806.4	70.512	10.941
13785.4	70.221	11.415	13807.0	70.613	11.151
13786.0	70.225	11.205	13807.6	70.585	11.056
13786.6	70.248	11.261	13808.1	70.553	11.056
13787.1	70.299	11.286	13808.7	70.614	11.115
13787.6	70.302	11.190	13809.3	70.595	11.137
13788.3	70.355	11.386	13809.9	70.607	11.113
13788.9	70.369	11.280	13810.5	70.526	10.938
13789.4	70.395	11.337	13811.2	70.535	10.963
13790.0	70.389	11.270	13811.8	70.614	11.152
13790.6	70.406	11.197	13812.3	70.639	11.169
13791.1	70.426	11.300	13812.8	70.608	11.122
13791.6	70.458	11.259	13813.4	70.612	11.162
13792.3	70.433	11.196	13814.1	70.548	10.947
13792.9	70.502	11.283	13814.6	70.593	11.024
13793.5	70.481	11.181	13815.2	70.628	11.077
13794.1	70.518	11.146	13815.8	70.570	11.040
13794.8	70.454	11.071	13816.3	70.604	11.042
13795.3	70.446	11.033	13816.8	70.680	11.237
13795.8	70.516	11.134	13817.5	70.681	11.244

13818.1	70.638	11.210	13839.9	70.943	10.853
13818.7	70.710	11.176	13840.4	71.046	11.270
13819.3	70.690	11.175	13841.0	71.056	11.167
13820.0	70.703	11.197	13841.6	71.048	10.949
13820.5	70.816	11.394	13842.1	71.076	11.161
13821.0	70.762	11.231	13842.7	71.092	11.258
13821.6	70.703	10.989	13843.4	71.106	11.162
13822.3	70.771	11.194	13844.0	71.100	11.024
13822.8	70.835	11.308	13844.6	71.148	11.222
13823.3	70.816	11.155	13845.2	71.031	11.022
13824.0	70.826	11.157	13845.8	71.088	11.028
13824.6	70.846	11.271	13846.4	71.142	11.093
13825.1	70.853	11.202	13846.9	71.173	11.242
13825.7	70.853	11.101	13847.5	71.084	10.950
13826.3	70.914	11.294	13848.1	71.155	11.094
13826.9	70.926	11.232	13848.7	71.158	11.189
13827.5	70.885	11.226	13849.3	71.181	11.192
13828.2	70.840	11.018	13849.9	71.137	11.048
13828.8	70.938	11.180	13850.4	71.146	11.162
13829.3	71.027	11.381	13851.0	71.142	11.055
13829.9	70.890	11.086	13851.6	71.137	11.061
13830.5	70.896	11.213	13852.3	71.142	10.991
13831.1	70.907	11.015	13852.8	71.207	11.189
13831.6	70.980	11.237	13853.5	71.216	11.051
13832.2	70.939	11.106	13854.1	71.261	11.252
13832.9	70.987	11.050	13854.7	71.144	10.991
13833.4	70.991	11.221	13855.2	71.178	11.049
13833.9	70.907	11.013	13855.8	71.133	11.023
13834.5	70.976	11.144	13856.4	71.180	10.999
13835.2	70.952	11.059	13857.0	71.209	11.100
13835.8	70.983	11.142	13857.5	71.196	11.057
13836.4	71.037	11.043	13858.2	71.220	11.069
13837.0	71.018	11.153	13858.7	71.238	11.077
13837.6	70.988	11.127	13859.2	71.234	11.101
13838.1	70.997	11.094	13859.8	71.238	11.086
13838.7	71.024	11.065	13860.5	71.223	11.048
13839.3	71.077	11.303	13861.1	71.154	10.967

13861.7	71.215	11.113	13883.6	71.351	11.161
13862.4	71.276	11.256	13884.2	71.338	11.089
13862.9	71.197	10.917	13884.7	71.385	11.097
13863.5	71.166	10.922	13885.3	71.337	11.122
13864.0	71.259	11.161	13885.9	71.333	10.948
13864.7	71.255	11.228	13886.6	71.446	11.281
13865.2	71.236	11.109	13887.1	71.343	11.023
13865.8	71.223	11.097	13887.8	71.363	10.930
13866.4	71.186	11.011	13888.4	71.444	11.198
13867.0	71.312	11.094	13888.9	71.442	11.207
13867.5	71.248	10.982	13889.5	71.408	11.075
13868.1	71.227	11.111	13890.1	71.398	11.001
13868.7	71.243	11.113	13890.7	71.460	11.295
13869.4	71.251	11.059	13891.3	71.402	11.083
13869.9	71.134	10.895	13891.8	71.423	11.127
13870.6	71.248	11.164	13892.5	71.392	10.912
13871.2	71.274	11.048	13893.0	71.503	11.246
13871.8	71.277	11.083	13893.5	71.478	11.107
13872.3	71.297	11.185	13894.2	71.512	11.243
13872.9	71.279	11.080	13894.8	71.417	11.078
13873.6	71.274	11.054	13895.4	71.482	11.134
13874.1	71.332	11.182	13896.1	71.492	11.099
13874.7	71.301	11.164	13896.7	71.530	11.245
13875.3	71.351	11.105	13897.3	71.453	11.081
13875.9	71.342	11.123	13897.8	71.527	11.121
13876.4	71.322	11.075	13898.4	71.412	11.097
13877.0	71.294	11.073	13899.1	71.400	10.987
13877.7	71.356	11.188	13899.6	71.469	10.989
13878.3	71.382	11.206	13900.2	71.539	11.196
13878.9	71.343	11.083	13900.8	71.512	11.078
13879.5	71.341	11.161	13901.4	71.600	11.224
13880.1	71.361	11.202	13901.9	71.531	11.015
13880.6	71.339	11.053	13902.5	71.520	11.125
13881.2	71.366	11.206	13903.2	71.513	11.164
13881.9	71.325	11.096	13903.8	71.563	11.132
13882.4	71.372	11.224	13904.4	71.567	11.205
13882.9	71.262	11.067	13905.0	71.580	11.141

13905.6	71.622	11.209	13927.5	71.679	10.959
13906.2	71.490	11.011	13928.1	71.744	11.113
13906.7	71.580	11.111	13928.8	71.758	11.209
13907.4	71.603	11.120	13929.4	71.691	11.058
13908.0	71.612	11.144	13930.0	71.672	11.048
13908.5	71.565	11.049	13930.6	71.686	10.974
13909.1	71.558	11.009	13931.2	71.684	11.028
13909.7	71.630	11.170	13931.8	71.697	10.992
13910.2	71.698	11.332	13932.3	71.728	11.035
13910.8	71.630	10.970	13932.9	71.667	11.072
13911.4	71.680	11.293	13933.6	71.740	11.203
13912.1	71.601	11.011	13934.1	71.700	10.991
13912.6	71.643	11.155	13934.7	71.795	11.279
13913.3	71.600	11.116	13935.4	71.695	10.918
13913.9	71.673	11.084	13935.9	71.691	10.989
13914.5	71.647	11.154	13936.4	71.705	11.099
13915.0	71.690	11.277	13937.0	71.673	10.868
13915.6	71.616	10.932	13937.7	71.739	11.116
13916.3	71.658	11.017	13938.3	71.757	11.146
13916.8	71.751	11.206	13938.9	71.676	10.916
13917.4	71.685	11.071	13939.6	71.705	11.052
13918.0	71.714	11.300	13940.2	71.694	10.880
13918.6	71.650	10.974	13940.7	71.643	10.913
13919.1	71.616	10.889	13941.3	71.703	11.083
13919.7	71.653	11.081	13941.9	71.705	10.981
13920.4	71.728	11.186	13942.5	71.797	11.205
13921.0	71.655	11.114	13943.0	71.703	10.823
13921.6	71.701	11.127	13943.7	71.714	10.949
13922.3	71.738	11.164	13944.3	71.873	11.255
13922.9	71.633	10.998	13944.8	71.694	10.915
13923.4	71.689	11.086	13945.4	71.708	10.949
13924.0	71.675	11.082	13946.1	71.684	10.959
13924.7	71.690	10.954	13946.7	71.763	11.099
13925.2	71.634	11.013	13947.3	71.781	11.052
13925.8	71.666	11.089	13948.0	71.740	11.050
13926.4	71.703	11.102	13948.6	71.725	11.014
13927.0	71.675	11.031	13949.1	71.747	11.054

13949.6	71.749	10.945	13971.8	71.867	10.915
13950.3	71.762	11.002	13972.5	71.872	10.908
13950.9	71.821	11.210	13973.0	71.908	10.906
13951.5	71.829	11.151	13973.7	71.883	10.840
13952.1	71.789	11.037	13974.3	71.933	10.887
13952.7	71.812	11.187	13974.9	71.933	10.962
13953.2	71.804	11.134	13975.4	71.920	10.884
13953.8	71.855	11.203	13976.1	71.964	10.914
13954.4	71.774	10.957	13976.7	71.927	10.918
13955.1	71.772	11.001	13977.2	71.916	10.840
13955.7	71.824	11.111	13977.8	71.940	10.925
13956.3	71.791	10.976	13978.5	71.999	10.896
13956.9	71.878	11.230	13979.0	71.903	10.827
13957.5	71.828	11.067	13979.5	71.921	10.823
13958.0	71.797	11.014	13980.2	71.968	10.962
13958.6	71.842	11.188	13980.8	71.962	10.929
13959.3	71.816	11.060	13981.5	71.952	10.923
13959.8	71.755	11.015	13982.1	71.921	10.921
13960.4	71.845	11.023	13982.7	71.948	10.944
13961.0	71.870	11.253	13983.3	72.008	10.994
13961.6	71.914	11.273	13983.9	71.892	10.800
13962.1	71.846	10.918	13984.4	71.990	10.943
13962.7	71.789	10.824	13985.1	71.973	10.793
13963.4	71.815	10.946	13985.7	72.032	10.948
13964.0	71.807	10.904	13986.2	72.064	11.022
13964.6	71.852	10.955	13986.8	71.956	10.787
13965.3	71.890	10.968	13987.5	71.921	10.698
13965.9	71.823	10.937	13988.0	71.992	10.838
13966.4	71.872	10.927	13988.5	72.005	10.953
13967.0	71.883	11.071	13989.2	71.954	10.901
13967.6	71.859	10.797	13989.9	72.031	10.848
13968.3	71.859	10.895	13990.5	71.990	10.868
13968.8	71.848	10.919	13991.1	71.991	10.898
13969.4	71.961	11.049	13991.8	71.999	10.915
13970.1	71.944	10.933	13992.3	72.022	10.875
13970.6	71.853	10.927	13992.9	71.993	10.858
13971.1	71.909	10.821	13993.5	71.986	10.866

13994.2	72.003	10.802	14016.4	71.979	10.689
13994.7	72.030	10.885	14017.0	71.995	10.661
13995.3	72.076	10.944	14017.7	72.087	10.910
13995.9	72.031	10.901	14018.3	72.050	10.757
13996.5	71.977	10.800	14018.8	72.041	10.812
13997.0	71.989	10.883	14019.4	71.993	10.723
13997.6	72.015	10.798	14020.1	72.023	10.811
13998.3	72.016	10.772	14020.6	72.095	10.823
13998.9	71.977	10.738	14021.2	71.999	10.630
13999.6	72.029	10.863	14021.9	72.076	10.886
14000.2	72.009	10.862	14022.5	72.071	10.785
14000.8	71.955	10.750	14023.0	72.065	10.768
14001.3	72.052	10.892	14023.6	72.051	10.754
14001.9	72.066	10.838	14024.3	72.096	10.850
14002.6	71.951	10.768	14024.9	72.082	10.746
14003.1	71.978	10.770	14025.5	72.014	10.659
14003.7	72.040	10.827	14026.2	72.021	10.782
14004.3	72.093	10.926	14026.8	72.068	10.794
14004.9	72.032	10.820	14027.3	72.121	10.781
14005.5	71.972	10.731	14027.9	72.076	10.789
14006.0	72.026	10.757	14028.5	72.113	10.805
14006.7	72.020	10.725	14029.1	72.115	10.793
14007.4	71.995	10.792	14029.7	72.091	10.896
14007.9	72.023	10.904	14030.3	72.099	10.775
14008.6	71.992	10.753	14030.9	72.105	10.757
14009.2	72.031	10.782	14031.5	72.036	10.783
14009.8	72.044	10.804	14032.0	72.057	10.843
14010.3	71.981	10.717	14032.7	72.153	10.864
14011.0	72.036	10.811	14033.3	72.071	10.646
14011.6	71.990	10.740	14033.9	72.066	10.874
14012.1	72.043	10.795	14034.6	72.123	10.816
14012.7	71.973	10.747	14035.2	72.091	10.781
14013.4	72.075	10.811	14035.8	72.108	10.822
14013.9	72.113	10.880	14036.3	72.090	10.790
14014.5	72.049	10.877	14036.9	72.101	10.821
14015.1	72.049	10.613	14037.6	72.069	10.664
14015.8	72.114	10.916	14038.2	72.084	10.771

14038.7	72.107	10.818	14061.3	72.156	10.683
14039.4	72.087	10.756	14061.9	72.289	10.717
14040.0	72.142	10.734	14062.5	72.243	10.843
14040.5	72.128	10.868	14063.0	72.171	10.667
14041.1	72.130	10.741	14063.7	72.249	10.672
14041.8	72.109	10.741	14064.3	72.225	10.675
14042.4	72.158	10.773	14064.8	72.221	10.707
14043.1	72.117	10.677	14065.5	72.177	10.566
14043.7	72.225	10.897	14066.1	72.215	10.643
14044.3	72.165	10.654	14066.7	72.264	10.708
14044.9	72.126	10.625	14067.2	72.208	10.642
14045.4	72.204	10.834	14067.9	72.179	10.660
14046.1	72.155	10.786	14068.6	72.237	10.809
14046.7	72.130	10.792	14069.2	72.215	10.645
14047.3	72.120	10.661	14069.8	72.206	10.676
14047.9	72.173	10.709	14070.5	72.241	10.731
14048.5	72.189	10.712	14071.0	72.169	10.649
14049.0	72.225	10.790	14071.6	72.252	10.769
14049.6	72.217	10.875	14072.2	72.250	10.753
14050.3	72.105	10.630	14072.9	72.248	10.677
14050.9	72.185	10.846	14073.4	72.249	10.755
14051.5	72.184	10.707	14074.0	72.209	10.694
14052.2	72.242	10.612	14074.7	72.215	10.718
14052.8	72.158	10.681	14075.2	72.292	10.762
14053.4	72.187	10.637	14075.7	72.268	10.714
14053.9	72.217	10.719	14076.4	72.249	10.752
14054.5	72.228	10.780	14077.1	72.182	10.473
14055.2	72.172	10.717	14077.7	72.212	10.629
14055.7	72.218	10.665	14078.3	72.247	10.695
14056.3	72.283	10.948	14079.0	72.249	10.708
14057.0	72.190	10.639	14079.6	72.285	10.651
14057.6	72.151	10.610	14080.1	72.275	10.722
14058.1	72.277	10.827	14080.7	72.249	10.768
14058.7	72.227	10.666	14081.4	72.221	10.797
14059.4	72.143	10.665	14081.9	72.254	10.684
14060.0	72.229	10.752	14082.5	72.242	10.609
14060.6	72.200	10.771	14083.1	72.175	10.531

14083.8	72.271	10.785	14106.4	72.369	10.690
14084.3	72.301	10.771	14106.9	72.278	10.610
14084.9	72.251	10.661	14107.6	72.269	10.622
14085.6	72.218	10.668	14108.2	72.338	10.728
14086.2	72.279	10.638	14108.7	72.301	10.597
14086.8	72.199	10.578	14109.4	72.309	10.666
14087.5	72.350	10.785	14110.0	72.360	10.685
14088.1	72.274	10.607	14110.6	72.305	10.782
14088.7	72.287	10.717	14111.1	72.264	10.618
14089.2	72.250	10.636	14111.8	72.329	10.727
14089.9	72.223	10.624	14112.5	72.306	10.641
14090.5	72.278	10.734	14113.1	72.336	10.652
14091.1	72.250	10.592	14113.7	72.361	10.675
14091.7	72.306	10.834	14114.4	72.263	10.576
14092.4	72.296	10.700	14115.0	72.301	10.722
14092.9	72.221	10.681	14115.5	72.338	10.694
14093.4	72.277	10.725	14116.1	72.264	10.606
14094.1	72.320	10.745	14116.8	72.394	10.746
14094.8	72.327	10.797	14117.4	72.352	10.664
14095.4	72.318	10.616	14117.9	72.309	10.613
14096.0	72.271	10.634	14118.6	72.342	10.637
14096.7	72.242	10.571	14119.2	72.305	10.730
14097.3	72.312	10.783	14119.7	72.298	10.642
14097.8	72.242	10.585	14120.3	72.301	10.639
14098.4	72.262	10.739	14121.1	72.278	10.779
14099.1	72.245	10.550	14121.7	72.328	10.672
14099.6	72.368	10.705	14122.3	72.406	10.626
14100.2	72.308	10.609	14123.0	72.355	10.681
14100.9	72.232	10.569	14123.6	72.355	10.600
14101.5	72.290	10.811	14124.1	72.390	10.695
14102.0	72.302	10.682	14124.7	72.394	10.721
14102.6	72.260	10.539	14125.4	72.342	10.731
14103.3	72.299	10.709	14126.0	72.323	10.621
14103.9	72.319	10.666	14126.5	72.324	10.517
14104.5	72.335	10.739	14127.1	72.452	10.845
14105.2	72.244	10.595	14127.8	72.396	10.732
14105.8	72.324	10.625	14128.3	72.379	10.627

14128.9	72.431	10.764	14151.7	72.400	10.557
14129.5	72.323	10.486	14152.4	72.386	10.660
14130.2	72.424	10.690	14152.9	72.421	10.669
14130.8	72.365	10.704	14153.5	72.412	10.514
14131.5	72.308	10.569	14154.2	72.394	10.563
14132.1	72.364	10.656	14154.8	72.380	10.501
14132.7	72.368	10.673	14155.3	72.427	10.625
14133.2	72.376	10.681	14155.9	72.370	10.598
14133.9	72.431	10.833	14156.6	72.389	10.611
14134.6	72.366	10.536	14157.3	72.459	10.623
14135.1	72.440	10.637	14157.9	72.374	10.616
14135.7	72.362	10.635	14158.6	72.447	10.639
14136.4	72.413	10.665	14159.2	72.437	10.599
14137.0	72.435	10.697	14159.7	72.403	10.580
14137.5	72.395	10.666	14160.3	72.440	10.610
14138.1	72.346	10.558	14161.0	72.424	10.670
14138.8	72.450	10.653	14161.6	72.463	10.616
14139.5	72.421	10.685	14162.2	72.380	10.629
14140.1	72.328	10.624	14162.8	72.416	10.581
14140.8	72.444	10.650	14163.5	72.408	10.607
14141.4	72.443	10.707	14164.0	72.393	10.606
14141.9	72.351	10.625	14164.6	72.383	10.535
14142.5	72.434	10.676	14165.3	72.480	10.684
14143.2	72.430	10.727	14165.9	72.416	10.541
14143.8	72.402	10.590	14166.5	72.455	10.609
14144.3	72.424	10.634	14167.2	72.401	10.509
14145.0	72.411	10.723	14167.9	72.411	10.492
14145.6	72.351	10.476	14168.4	72.474	10.685
14146.2	72.382	10.562	14169.0	72.434	10.678
14146.7	72.433	10.616	14169.7	72.409	10.484
14147.4	72.440	10.712	14170.3	72.364	10.475
14148.1	72.405	10.721	14170.9	72.436	10.621
14148.7	72.425	10.558	14171.4	72.378	10.579
14149.3	72.386	10.476	14172.1	72.477	10.590
14150.0	72.382	10.640	14172.7	72.418	10.503
14150.6	72.400	10.649	14173.2	72.462	10.590
14151.1	72.382	10.659	14173.9	72.402	10.452

14174.6	72.346	10.509	14197.4	72.450	10.679
14175.1	72.459	10.596	14198.0	72.352	10.498
14175.8	72.512	10.659	14198.7	72.327	10.347
14176.5	72.381	10.578	14199.3	72.517	10.533
14177.1	72.414	10.589	14199.8	72.483	10.518
14177.6	72.395	10.612	14200.4	72.462	10.532
14178.2	72.416	10.539	14201.1	72.435	10.576
14178.9	72.431	10.578	14201.8	72.525	10.614
14179.5	72.460	10.657	14202.4	72.417	10.507
14180.1	72.470	10.598	14203.1	72.433	10.507
14180.7	72.394	10.561	14203.7	72.431	10.509
14181.4	72.465	10.643	14204.3	72.438	10.543
14181.9	72.415	10.611	14204.8	72.490	10.544
14182.5	72.451	10.452	14205.5	72.491	10.579
14183.2	72.415	10.516	14206.1	72.472	10.521
14183.8	72.414	10.600	14206.7	72.401	10.506
14184.4	72.399	10.470	14207.3	72.556	10.532
14185.1	72.445	10.446	14208.0	72.478	10.551
14185.7	72.435	10.412	14208.5	72.395	10.464
14186.3	72.403	10.523	14209.1	72.561	10.561
14186.9	72.407	10.580	14209.8	72.443	10.483
14187.6	72.456	10.652	14210.5	72.406	10.537
14188.2	72.473	10.690	14211.1	72.496	10.524
14188.8	72.412	10.493	14211.7	72.478	10.676
14189.4	72.406	10.534	14212.4	72.453	10.594
14190.1	72.378	10.522	14213.0	72.415	10.457
14190.6	72.455	10.570	14213.6	72.433	10.528
14191.1	72.486	10.647	14214.2	72.431	10.526
14191.8	72.358	10.382	14214.9	72.500	10.505
14192.5	72.414	10.474	14215.4	72.558	10.625
14193.1	72.551	10.713	14216.0	72.444	10.535
14193.8	72.405	10.479	14216.7	72.548	10.612
14194.4	72.401	10.562	14217.3	72.494	10.599
14195.0	72.425	10.502	14217.8	72.384	10.545
14195.6	72.506	10.593	14218.4	72.470	10.481
14196.2	72.445	10.596	14219.2	72.426	10.583
14196.9	72.420	10.412	14219.8	72.478	10.550

14220.4	72.465	10.481	14243.5	72.481	10.565
14221.1	72.426	10.517	14244.1	72.508	10.606
14221.7	72.429	10.495	14244.6	72.479	10.565
14222.3	72.473	10.567	14245.2	72.422	10.547
14222.9	72.527	10.535	14245.9	72.480	10.624
14223.5	72.435	10.490	14246.6	72.437	10.426
14224.2	72.493	10.469	14247.2	72.371	10.461
14224.7	72.430	10.455	14247.9	72.433	10.503
14225.4	72.518	10.630	14248.5	72.462	10.582
14226.0	72.412	10.481	14249.1	72.460	10.570
14226.6	72.446	10.416	14249.7	72.456	10.493
14227.1	72.473	10.477	14250.3	72.457	10.490
14227.8	72.396	10.482	14251.0	72.448	10.542
14228.5	72.412	10.516	14251.5	72.466	10.633
14229.1	72.492	10.508	14252.1	72.476	10.437
14229.8	72.436	10.544	14252.8	72.467	10.519
14230.4	72.523	10.632	14253.4	72.443	10.531
14231.0	72.429	10.381	14253.9	72.391	10.452
14231.5	72.447	10.516	14254.6	72.404	10.516
14232.2	72.455	10.452	14255.3	72.328	10.432
14232.9	72.476	10.625	14255.9	72.445	10.559
14233.5	72.442	10.557	14256.6	72.422	10.479
14234.0	72.427	10.470	14257.3	72.452	10.516
14234.7	72.482	10.552	14257.9	72.409	10.418
14235.3	72.429	10.536	14258.4	72.455	10.461
14235.9	72.525	10.602	14259.0	72.404	10.558
14236.5	72.457	10.554	14259.7	72.429	10.561
14237.2	72.417	10.462	14260.3	72.370	10.487
14237.9	72.472	10.547	14260.9	72.470	10.514
14238.5	72.526	10.642	14261.6	72.454	10.538
14239.2	72.425	10.432	14262.2	72.422	10.492
14239.8	72.448	10.504	14262.8	72.366	10.375
14240.4	72.522	10.658	14263.4	72.494	10.648
14240.9	72.476	10.580	14264.1	72.420	10.460
14241.7	72.434	10.550	14264.7	72.389	10.511
14242.2	72.504	10.518	14265.4	72.454	10.457
14242.8	72.419	10.447	14266.0	72.370	10.468

14266.7	72.370	10.476	14289.8	72.299	10.456
14267.3	72.381	10.478	14290.3	72.267	10.489
14267.8	72.405	10.589	14291.0	72.317	10.405
14268.5	72.424	10.485	14291.7	72.314	10.502
14269.2	72.348	10.404	14292.3	72.301	10.517
14269.7	72.449	10.668	14293.0	72.235	10.381
14270.3	72.412	10.535	14293.7	72.259	10.509
14271.0	72.385	10.470	14294.3	72.288	10.491
14271.6	72.378	10.470	14294.8	72.223	10.415
14272.1	72.383	10.566	14295.5	72.305	10.510
14272.8	72.408	10.467	14296.2	72.252	10.503
14273.5	72.397	10.442	14296.7	72.298	10.431
14274.1	72.341	10.472	14297.3	72.274	10.437
14274.8	72.448	10.542	14298.0	72.203	10.490
14275.4	72.354	10.434	14298.6	72.276	10.475
14276.1	72.291	10.434	14299.1	72.331	10.538
14276.6	72.395	10.534	14299.8	72.216	10.439
14277.2	72.336	10.404	14300.5	72.242	10.467
14277.9	72.443	10.500	14301.1	72.338	10.447
14278.5	72.365	10.563	14301.8	72.210	10.427
14279.1	72.313	10.402	14302.5	72.243	10.380
14279.8	72.292	10.460	14303.1	72.257	10.488
14280.4	72.339	10.457	14303.7	72.195	10.432
14280.9	72.354	10.391	14304.2	72.249	10.468
14281.5	72.300	10.444	14304.9	72.223	10.498
14282.2	72.309	10.519	14305.5	72.254	10.412
14282.9	72.288	10.389	14306.1	72.160	10.379
14283.5	72.304	10.453	14306.8	72.263	10.577
14284.2	72.293	10.462	14307.4	72.204	10.495
14284.8	72.361	10.428	14308.0	72.193	10.442
14285.4	72.304	10.453	14308.6	72.209	10.506
14286.0	72.345	10.545	14309.2	72.148	10.417
14286.7	72.349	10.488	14310.0	72.158	10.406
14287.3	72.224	10.369	14310.6	72.144	10.462
14287.9	72.342	10.625	14311.3	72.154	10.523
14288.5	72.338	10.617	14311.9	72.162	10.542
14289.2	72.316	10.491	14312.5	72.045	10.379

14313.1	72.194	10.586	14336.4	71.797	10.594
14313.7	72.161	10.465	14337.1	71.789	10.490
14314.4	72.110	10.471	14337.7	71.774	10.633
14315.0	72.121	10.564	14338.4	71.717	10.613
14315.6	72.060	10.442	14339.1	71.744	10.706
14316.3	72.089	10.515	14339.7	71.678	10.643
14316.9	72.066	10.498	14340.3	71.667	10.598
14317.4	72.057	10.378	14340.9	71.727	10.755
14318.1	72.046	10.526	14341.6	71.686	10.627
14318.8	72.074	10.432	14342.2	71.543	10.638
14319.4	72.043	10.514	14342.8	71.657	10.773
14320.1	72.135	10.595	14343.5	71.565	10.697
14320.8	72.101	10.564	14344.1	71.506	10.635
14321.4	72.058	10.519	14344.6	71.506	10.645
14321.9	72.104	10.652	14345.2	71.474	10.725
14322.5	72.020	10.498	14346.0	71.440	10.755
14323.2	71.967	10.361	14346.6	71.489	10.750
14323.8	71.986	10.455	14347.2	71.407	10.784
14324.4	72.085	10.564	14347.9	71.430	10.824
14325.1	71.973	10.613	14348.6	71.338	10.770
14325.7	72.028	10.587	14349.2	71.305	10.987
14326.3	72.000	10.498	14349.7	71.346	11.007
14326.8	71.998	10.562	14350.4	71.182	10.802
14327.6	71.954	10.398	14351.1	71.163	10.918
14328.2	71.910	10.479	14351.6	71.271	11.066
14328.9	71.914	10.513	14352.2	71.151	10.943
14329.6	71.996	10.644	14352.9	71.145	11.149
14330.2	71.918	10.493	14353.5	71.085	10.958
14330.8	71.873	10.487	14354.1	71.113	11.145
14331.4	71.884	10.540	14354.7	71.088	11.137
14332.0	71.897	10.476	14355.5	71.121	11.393
14332.7	71.903	10.656	14356.1	71.063	11.181
14333.3	71.823	10.512	14356.8	71.148	11.479
14333.9	71.916	10.529	14357.4	71.100	11.382
14334.6	71.889	10.584	14358.1	71.162	11.470
14335.2	71.795	10.591	14358.6	71.249	11.672
14335.7	71.793	10.571	14359.2	71.219	11.697

14359.9	71.240	11.737	14383.4	72.157	12.086
14360.6	71.290	11.647	14384.1	72.182	12.134
14361.1	71.214	11.737	14384.8	72.206	12.106
14361.9	71.345	11.792	14385.4	72.165	11.969
14362.5	71.375	11.867	14386.0	72.227	12.153
14363.0	71.529	12.128	14386.6	72.215	12.121
14363.6	71.429	11.897	14387.3	72.347	12.310
14364.4	71.559	12.100	14387.9	72.243	12.107
14365.0	71.662	12.065	14388.5	72.314	12.231
14365.7	71.665	12.121	14389.2	72.364	12.293
14366.4	71.692	12.075	14389.9	72.458	12.299
14367.0	71.783	12.175	14390.4	72.375	12.068
14367.6	71.853	12.100	14391.0	72.351	12.126
14368.2	71.881	12.107	14391.7	72.431	12.281
14368.9	71.900	12.014	14392.4	72.516	12.361
14369.5	71.925	12.081	14393.0	72.505	12.260
14370.1	72.052	12.203	14393.7	72.637	12.279
14370.7	72.030	11.998	14394.4	72.575	12.253
14371.4	72.034	12.086	14395.0	72.589	12.220
14372.0	72.159	12.216	14395.5	72.653	12.254
14372.5	72.073	11.923	14396.2	72.593	12.108
14373.2	72.186	12.094	14396.9	72.573	12.215
14373.9	72.145	12.016	14397.5	72.685	12.226
14374.5	72.037	11.942	14398.1	72.615	12.232
14375.2	72.337	12.073	14398.8	72.592	12.144
14375.9	72.171	11.994	14399.4	72.705	12.285
14376.5	72.136	11.944	14399.9	72.607	12.041
14377.0	72.224	11.945	14400.6	72.538	12.059
14377.7	72.229	11.990	14401.3	72.642	12.218
14378.4	72.200	11.989	14401.9	72.648	12.113
14379.0	72.159	11.950	14402.6	72.620	12.170
14379.6	72.210	11.941	14403.3	72.561	12.009
14380.3	72.190	12.066	14403.9	72.639	12.134
14380.9	72.172	12.059	14404.5	72.647	12.027
14381.4	72.168	12.021	14405.1	72.627	12.152
14382.1	72.201	12.089	14405.8	72.707	12.262
14382.8	72.150	12.086	14406.4	72.751	12.138

14407.0	72.699	12.253	14430.8	72.898	12.384
14407.7	72.718	12.187	14431.4	72.945	12.275
14408.4	72.651	12.077	14432.0	72.955	12.148
14408.9	72.704	12.271	14432.6	72.917	12.216
14409.5	72.677	12.043	14433.3	72.962	12.309
14410.2	72.661	12.082	14434.0	72.913	12.113
14410.9	72.741	12.128	14434.5	73.010	12.401
14411.5	72.631	12.015	14435.2	72.995	12.205
14412.2	72.636	12.138	14435.9	72.965	12.335
14412.9	72.646	12.076	14436.5	72.905	12.178
14413.5	72.777	12.260	14437.0	73.032	12.334
14414.1	72.642	12.142	14437.7	72.951	12.042
14414.7	72.735	12.180	14438.4	72.943	12.141
14415.4	72.883	12.352	14439.1	73.045	12.332
14416.0	72.717	12.253	14439.8	73.115	12.374
14416.6	72.677	12.189	14440.5	72.969	12.233
14417.3	72.760	12.246	14441.1	73.017	12.233
14417.9	72.726	12.233	14441.6	72.969	12.207
14418.5	72.652	12.103	14442.3	72.965	12.208
14419.2	72.758	12.280	14443.0	73.046	12.239
14419.9	72.739	12.051	14443.6	72.959	12.151
14420.5	72.751	12.218	14444.2	73.009	12.240
14421.2	72.743	12.165	14444.9	73.064	12.272
14421.9	72.727	12.087	14445.5	73.071	12.145
14422.5	72.807	12.323	14446.1	73.026	12.207
14423.1	72.741	12.145	14446.7	73.118	12.290
14423.7	72.758	12.168	14447.4	73.063	12.255
14424.4	72.759	12.166	14448.1	72.988	12.240
14425.0	72.810	12.271	14448.7	73.026	12.182
14425.6	72.810	12.250	14449.4	73.014	11.989
14426.2	72.876	12.434	14450.1	73.021	12.035
14426.9	72.871	12.332	14450.7	73.078	12.162
14427.4	72.874	12.220	14451.2	73.058	12.214
14428.0	72.981	12.331	14451.9	73.111	12.209
14428.8	73.000	12.482	14452.6	72.960	12.188
14429.5	72.875	12.261	14453.2	73.104	12.301
14430.1	72.825	12.173	14453.8	73.128	12.215

14454.5	73.065	12.071	14478.4	73.242	12.237
14455.1	73.087	12.231	14478.9	73.258	12.164
14455.6	73.014	12.121	14479.6	73.122	12.025
14456.3	73.049	12.223	14480.3	73.137	12.170
14457.0	73.076	12.205	14480.9	73.108	12.086
14457.7	73.154	12.153	14481.5	73.256	12.173
14458.4	73.113	12.147	14482.2	73.208	12.202
14459.1	73.120	12.253	14482.8	73.130	12.054
14459.7	73.001	12.132	14483.3	73.182	12.195
14460.2	73.121	12.114	14484.0	73.261	12.072
14460.9	73.115	12.110	14484.7	73.269	12.120
14461.6	73.180	12.353	14485.4	73.215	12.148
14462.2	73.137	12.182	14486.0	73.288	12.131
14462.8	73.092	12.142	14486.7	73.220	12.231
14463.5	73.094	12.166	14487.4	73.132	12.044
14464.1	73.171	12.226	14488.0	73.253	12.202
14464.7	73.033	12.144	14488.6	73.104	12.054
14465.3	73.100	12.165	14489.3	73.187	12.147
14466.1	73.149	12.210	14490.0	73.246	12.174
14466.7	73.112	12.139	14490.5	73.278	12.241
14467.4	73.058	12.125	14491.2	73.121	12.058
14468.1	73.101	12.159	14491.9	73.213	12.108
14468.8	73.190	12.222	14492.5	73.232	12.146
14469.3	73.137	12.112	14493.0	73.234	12.152
14469.9	73.091	12.116	14493.8	73.252	12.166
14470.6	73.135	12.058	14494.5	73.171	11.928
14471.3	73.075	12.079	14495.1	73.324	12.226
14471.8	73.203	12.283	14495.8	73.305	12.104
14472.5	73.188	12.302	14496.5	73.229	12.124
14473.2	73.100	12.102	14497.1	73.285	12.264
14473.8	73.188	12.277	14497.7	73.258	12.246
14474.3	73.122	12.116	14498.3	73.362	12.283
14475.0	73.143	12.104	14499.0	73.224	12.091
14475.7	73.180	12.206	14499.6	73.271	12.145
14476.4	73.266	12.259	14500.2	73.250	12.060
14477.1	73.230	12.171	14500.9	73.235	12.064
14477.8	73.116	12.061	14501.5	73.339	12.038

14502.1	73.256	12.007	14526.2	73.301	11.951
14502.7	73.291	12.077	14526.9	73.412	12.058
14503.5	73.296	12.029	14527.5	73.328	11.914
14504.1	73.244	12.189	14528.1	73.317	11.902
14504.8	73.320	12.124	14528.8	73.501	12.114
14505.5	73.259	12.039	14529.4	73.282	11.997
14506.2	73.261	11.968	14530.0	73.484	12.150
14506.7	73.253	12.034	14530.6	73.395	12.038
14507.3	73.183	11.800	14531.3	73.359	11.936
14508.0	73.209	12.066	14532.0	73.443	11.965
14508.7	73.201	12.030	14532.6	73.404	12.028
14509.3	73.323	12.074	14533.4	73.489	12.129
14509.9	73.421	12.210	14534.0	73.440	11.799
14510.6	73.234	11.978	14534.7	73.363	11.894
14511.2	73.359	11.969	14535.2	73.374	12.031
14511.8	73.358	12.075	14535.9	73.431	12.030
14512.5	73.302	12.022	14536.6	73.476	11.986
14513.2	73.303	11.963	14537.2	73.452	11.944
14513.8	73.309	12.026	14537.8	73.451	11.953
14514.6	73.313	12.042	14538.5	73.478	12.024
14515.2	73.315	12.011	14539.1	73.420	11.917
14515.9	73.329	12.051	14539.7	73.437	11.972
14516.4	73.387	12.174	14540.4	73.508	11.988
14517.1	73.365	11.937	14541.1	73.384	11.978
14517.8	73.449	12.048	14541.8	73.524	12.022
14518.4	73.410	12.013	14542.5	73.456	11.870
14519.0	73.269	11.881	14543.2	73.385	12.002
14519.8	73.411	12.009	14543.8	73.489	12.060
14520.3	73.439	12.131	14544.4	73.419	11.958
14520.9	73.449	12.019	14545.0	73.464	12.155
14521.6	73.395	12.047	14545.7	73.414	11.963
14522.3	73.425	12.064	14546.4	73.505	12.010
14522.9	73.413	11.924	14547.0	73.479	11.934
14523.6	73.491	12.086	14547.7	73.333	12.013
14524.3	73.441	12.158	14548.3	73.504	12.003
14525.0	73.319	11.882	14548.9	73.434	11.856
14525.5	73.354	11.999	14549.5	73.491	11.830

14550.2	73.460	11.940	14574.4	73.557	11.873
14550.9	73.485	12.007	14575.0	73.619	11.887
14551.5	73.492	12.079	14575.7	73.620	11.796
14552.3	73.498	11.917	14576.4	73.522	11.773
14552.9	73.497	11.743	14577.0	73.599	11.857
14553.5	73.406	11.824	14577.5	73.648	11.890
14554.1	73.602	11.975	14578.2	73.619	11.899
14554.8	73.562	11.920	14579.0	73.647	11.822
14555.5	73.395	11.778	14579.6	73.716	11.946
14556.1	73.485	12.030	14580.3	73.654	11.805
14556.7	73.591	12.069	14581.0	73.719	11.846
14557.4	73.478	11.807	14581.7	73.665	11.925
14558.0	73.520	12.026	14582.2	73.665	11.873
14558.6	73.482	11.909	14582.9	73.645	11.866
14559.2	73.487	11.877	14583.6	73.668	11.866
14560.0	73.578	12.006	14584.2	73.599	11.676
14560.6	73.560	12.003	14584.8	73.593	11.767
14561.3	73.518	11.976	14585.5	73.626	11.842
14562.0	73.471	11.890	14586.2	73.533	11.627
14562.7	73.628	11.917	14586.7	73.648	11.858
14563.2	73.585	11.955	14587.3	73.650	11.921
14563.9	73.535	11.821	14588.1	73.584	11.667
14564.6	73.515	11.883	14588.8	73.556	11.750
14565.2	73.590	12.007	14589.4	73.735	11.899
14565.8	73.523	11.791	14590.2	73.724	11.818
14566.6	73.525	11.845	14590.8	73.636	11.761
14567.2	73.590	11.862	14591.4	73.632	11.718
14567.8	73.631	12.002	14592.0	73.719	11.903
14568.4	73.533	11.831	14592.7	73.616	11.817
14569.2	73.537	11.764	14593.4	73.706	11.747
14569.8	73.540	11.933	14594.0	73.632	11.841
14570.5	73.566	11.901	14594.6	73.601	11.684
14571.2	73.620	11.893	14595.4	73.664	11.820
14571.9	73.620	11.989	14595.9	73.674	11.820
14572.5	73.488	11.682	14596.5	73.652	11.768
14573.1	73.595	11.777	14597.2	73.716	11.711
14573.8	73.612	11.909	14598.0	73.632	11.625

14598.6	73.665	11.777	14622.9	73.641	11.575
14599.4	73.669	11.835	14623.6	73.763	11.619
14600.0	73.601	11.628	14624.2	73.714	11.654
14600.7	73.608	11.607	14624.8	73.768	11.736
14601.2	73.650	11.833	14625.4	73.746	11.662
14601.9	73.756	11.802	14626.2	73.879	11.743
14602.6	73.706	11.759	14626.9	73.849	11.773
14603.2	73.692	11.781	14627.6	73.719	11.568
14603.8	73.694	11.721	14628.3	73.780	11.798
14604.5	73.707	11.811	14628.9	73.775	11.615
14605.2	73.702	11.842	14629.5	73.670	11.566
14605.7	73.683	11.709	14630.1	73.795	11.696
14606.4	73.676	11.911	14630.8	73.701	11.614
14607.1	73.663	11.725	14631.5	73.713	11.630
14607.8	73.755	11.870	14632.1	73.867	11.685
14608.4	73.674	11.642	14632.7	73.740	11.743
14609.2	73.752	11.901	14633.5	73.753	11.576
14609.8	73.740	11.864	14634.0	73.711	11.539
14610.4	73.703	11.760	14634.6	73.712	11.582
14611.0	73.722	11.699	14635.3	73.778	11.720
14611.7	73.670	11.584	14636.1	73.847	11.660
14612.4	73.711	11.661	14636.7	73.778	11.576
14613.0	73.775	11.791	14637.4	73.749	11.643
14613.6	73.671	11.641	14638.1	73.774	11.519
14614.4	73.788	11.775	14638.8	73.772	11.620
14614.9	73.749	11.706	14639.3	73.796	11.757
14615.5	73.769	11.834	14640.0	73.728	11.554
14616.2	73.679	11.654	14640.7	73.809	11.641
14617.0	73.761	11.552	14641.3	73.787	11.676
14617.6	73.827	11.847	14641.9	73.804	11.731
14618.4	73.742	11.619	14642.7	73.880	11.642
14619.0	73.573	11.454	14643.3	73.870	11.673
14619.7	73.846	11.750	14643.9	73.772	11.607
14620.2	73.741	11.731	14644.5	73.752	11.616
14620.9	73.736	11.688	14645.3	73.735	11.596
14621.6	73.826	11.619	14646.0	73.800	11.618
14622.3	73.746	11.626	14646.7	73.856	11.783

14647.4	73.852	11.708	14671.8	73.999	11.826
14648.0	73.888	11.784	14672.4	73.861	11.601
14648.6	73.802	11.570	14673.0	73.899	11.594
14649.2	73.851	11.749	14673.7	73.834	11.495
14650.0	73.773	11.634	14674.5	73.949	11.787
14650.6	73.857	11.747	14675.1	73.898	11.663
14651.2	73.918	11.703	14675.8	73.957	11.722
14651.9	73.820	11.589	14676.5	73.837	11.723
14652.6	73.825	11.677	14677.1	73.899	11.764
14653.2	73.913	11.703	14677.7	73.881	11.608
14653.8	73.890	11.698	14678.4	73.909	11.573
14654.5	73.802	11.529	14679.1	73.890	11.762
14655.3	73.778	11.658	14679.7	73.995	11.765
14655.9	73.821	11.645	14680.3	73.972	11.713
14656.6	73.807	11.689	14681.1	73.890	11.770
14657.3	73.840	11.689	14681.7	73.835	11.818
14657.9	73.904	11.621	14682.3	74.045	11.793
14658.5	73.881	11.683	14682.9	73.855	11.681
14659.2	73.923	11.792	14683.7	73.933	11.801
14659.9	73.975	11.614	14684.4	73.826	11.660
14660.5	73.860	11.522	14685.1	73.872	11.779
14661.1	73.926	11.694	14685.8	73.862	11.803
14661.9	73.978	11.783	14686.4	73.898	11.827
14662.5	73.902	11.646	14687.0	73.902	11.788
14663.0	73.855	11.560	14687.6	74.066	11.910
14663.7	73.892	11.707	14688.4	73.954	11.815
14664.5	73.921	11.601	14689.0	73.892	11.668
14665.1	73.825	11.578	14689.6	73.940	11.827
14665.8	73.884	11.654	14690.3	73.910	11.669
14666.5	73.951	11.721	14691.0	73.798	11.512
14667.2	73.857	11.585	14691.6	73.901	11.953
14667.8	73.875	11.575	14692.2	73.870	11.639
14668.4	73.931	11.799	14692.9	73.934	11.762
14669.1	73.828	11.541	14693.7	73.967	11.715
14669.8	73.921	11.677	14694.3	73.998	11.857
14670.4	73.891	11.609	14695.0	73.928	11.679
14671.1	73.951	11.669	14695.7	73.896	11.717

14696.4	74.045	11.898	14720.8	73.923	11.856
14696.9	73.932	11.659	14721.5	74.006	11.765
14697.6	73.879	11.772	14722.3	73.940	11.842
14698.3	73.895	11.699	14722.9	74.030	11.844
14699.0	74.008	11.861	14723.6	73.997	11.787
14699.6	73.890	11.655	14724.4	74.005	11.898
14700.3	73.925	11.854	14725.0	74.023	11.837
14700.9	74.053	11.813	14725.6	74.019	11.910
14701.5	74.026	11.892	14726.3	73.880	11.738
14702.2	73.963	11.856	14727.0	73.998	11.813
14703.0	73.988	11.721	14727.6	73.898	11.800
14703.6	73.948	11.871	14728.2	74.005	11.763
14704.4	73.947	11.710	14729.0	74.028	11.658
14705.1	74.002	11.792	14729.6	74.040	11.782
14705.7	73.931	11.677	14730.2	74.012	11.876
14706.3	74.021	11.908	14730.8	73.962	11.787
14706.9	73.878	11.617	14731.6	74.078	11.903
14707.7	73.932	11.937	14732.3	74.064	11.794
14708.3	74.029	11.904	14733.0	74.003	11.889
14708.9	73.952	11.658	14733.7	74.052	11.814
14709.6	73.913	11.834	14734.4	74.105	11.745
14710.3	74.040	11.930	14735.0	74.054	11.771
14710.9	74.012	11.897	14735.6	74.050	11.830
14711.5	73.978	11.785	14736.3	73.987	11.769
14712.2	73.910	11.739	14737.0	74.080	11.818
14713.0	73.930	11.838	14737.6	74.032	11.611
14713.6	73.855	11.653	14738.3	74.015	11.727
14714.3	73.970	11.887	14739.0	74.016	11.787
14715.0	73.974	11.962	14739.6	74.126	12.073
14715.6	73.996	11.886	14740.2	74.125	11.870
14716.2	73.939	11.789	14740.9	74.001	11.786
14716.9	73.916	11.836	14741.6	74.005	11.758
14717.6	73.900	11.760	14742.3	74.120	11.708
14718.2	73.971	11.781	14743.0	73.982	11.788
14718.9	74.087	11.854	14743.7	74.036	11.740
14719.6	74.045	11.723	14744.4	74.070	11.675
14720.2	73.964	11.848	14744.9	74.077	11.743

14745.6	74.038	11.888	14770.4	73.992	11.561
14746.3	74.076	11.833	14771.1	74.175	11.714
14747.0	74.042	11.757	14771.8	74.065	11.599
14747.6	74.101	11.770	14772.5	74.026	11.671
14748.3	74.159	12.009	14773.2	74.027	11.699
14749.0	74.189	11.816	14773.8	74.162	11.704
14749.6	74.088	11.854	14774.4	74.117	11.589
14750.2	74.118	11.692	14775.1	74.006	11.601
14751.0	74.105	11.782	14775.9	74.162	11.687
14751.7	73.926	11.607	14776.4	74.089	11.568
14752.4	74.003	11.813	14777.1	74.087	11.568
14753.1	74.088	11.772	14777.9	74.069	11.683
14753.8	74.056	11.742	14778.5	74.203	11.767
14754.4	73.991	11.526	14779.0	74.119	11.635
14755.0	74.082	11.958	14779.8	74.087	11.580
14755.7	73.999	11.644	14780.6	74.170	11.592
14756.4	73.980	11.719	14781.2	74.135	11.668
14757.0	74.090	11.659	14781.9	74.144	11.715
14757.7	74.117	11.810	14782.7	74.111	11.595
14758.4	73.993	11.612	14783.3	74.081	11.704
14759.0	74.069	11.670	14783.9	74.053	11.572
14759.6	74.118	11.670	14784.6	74.072	11.658
14760.3	74.015	11.646	14785.3	74.154	11.583
14761.1	74.160	11.749	14785.9	74.068	11.606
14761.7	74.120	11.783	14786.5	74.107	11.700
14762.5	73.987	11.468	14787.3	74.180	11.705
14763.2	74.112	11.783	14787.9	74.093	11.591
14763.8	74.055	11.615	14788.5	74.070	11.437
14764.4	74.041	11.694	14789.2	74.114	11.678
14765.1	74.211	11.738	14789.9	74.124	11.594
14765.8	74.062	11.510	14790.6	74.171	11.571
14766.4	74.189	11.730	14791.3	74.234	11.757
14767.0	74.018	11.573	14792.0	74.115	11.533
14767.8	74.116	11.738	14792.7	74.070	11.674
14768.4	74.075	11.641	14793.3	74.093	11.565
14769.0	74.072	11.576	14793.9	74.050	11.545
14769.6	74.174	11.707	14794.6	74.104	11.514

14795.4	74.099	11.514	14820.3	74.289	11.550
14796.0	74.145	11.725	14821.0	74.242	11.574
14796.6	74.016	11.490	14821.7	74.173	11.452
14797.4	74.165	11.655	14822.4	74.236	11.498
14798.0	74.156	11.586	14823.0	74.183	11.425
14798.5	74.229	11.827	14823.6	74.189	11.448
14799.3	74.086	11.531	14824.4	74.237	11.365
14800.0	74.058	11.433	14825.0	74.199	11.489
14800.7	74.202	11.580	14825.6	74.228	11.490
14801.4	74.172	11.470	14826.4	74.120	11.315
14802.2	74.153	11.463	14827.1	74.228	11.487
14802.8	74.220	11.580	14827.6	74.219	11.516
14803.4	74.137	11.588	14828.3	74.270	11.427
14804.0	74.168	11.537	14829.0	74.282	11.503
14804.8	74.152	11.408	14829.8	74.231	11.629
14805.4	74.100	11.519	14830.4	74.242	11.344
14806.1	74.175	11.540	14831.2	74.319	11.548
14806.8	74.192	11.573	14831.9	74.279	11.358
14807.5	74.153	11.535	14832.5	74.183	11.424
14808.1	74.149	11.539	14833.1	74.152	11.349
14808.7	74.246	11.623	14833.9	74.300	11.565
14809.5	74.121	11.472	14834.5	74.298	11.483
14810.2	74.147	11.431	14835.2	74.235	11.308
14810.9	74.175	11.420	14835.8	74.211	11.369
14811.6	74.160	11.440	14836.6	74.265	11.494
14812.3	74.149	11.462	14837.2	74.104	11.315
14812.9	74.018	11.237	14837.8	74.297	11.421
14813.5	74.232	11.757	14838.5	74.118	11.317
14814.2	74.188	11.515	14839.3	74.148	11.356
14814.9	74.198	11.332	14839.9	74.380	11.426
14815.5	74.222	11.344	14840.7	74.352	11.499
14816.2	74.354	11.548	14841.4	74.186	11.220
14817.0	74.125	11.409	14842.0	74.247	11.349
14817.5	74.072	11.230	14842.6	74.412	11.372
14818.1	74.259	11.542	14843.3	74.269	11.292
14818.9	74.212	11.406	14844.1	74.303	11.508
14819.6	74.161	11.405	14844.7	74.313	11.417

14845.3	74.308	11.358	14870.6	74.276	11.313
14846.0	74.232	11.418	14871.3	74.484	11.507
14846.7	74.213	11.391	14871.9	74.387	11.121
14847.3	74.312	11.356	14872.5	74.411	11.389
14847.9	74.288	11.412	14873.2	74.358	11.343
14848.7	74.275	11.367	14873.9	74.371	11.184
14849.4	74.349	11.350	14874.5	74.441	11.375
14850.1	74.334	11.324	14875.2	74.402	11.412
14850.8	74.283	11.297	14875.9	74.471	11.351
14851.5	74.287	11.285	14876.5	74.348	11.206
14852.1	74.268	11.515	14877.1	74.390	11.193
14852.7	74.389	11.508	14877.9	74.327	11.067
14853.5	74.368	11.528	14878.6	74.395	11.338
14854.2	74.299	11.385	14879.3	74.346	11.281
14854.8	74.387	11.350	14880.0	74.476	11.346
14855.5	74.283	11.502	14880.7	74.347	11.068
14856.2	74.240	11.342	14881.4	74.545	11.447
14856.8	74.245	11.381	14882.0	74.501	11.237
14857.4	74.149	11.191	14882.7	74.433	11.242
14858.2	74.442	11.649	14883.4	74.395	11.183
14858.9	74.312	11.401	14884.1	74.510	11.393
14859.6	74.238	11.325	14884.7	74.536	11.489
14860.4	74.351	11.352	14885.5	74.406	11.263
14861.0	74.358	11.577	14886.1	74.324	11.274
14861.7	74.302	11.353	14886.7	74.428	11.267
14862.3	74.392	11.351	14887.4	74.565	11.480
14863.0	74.260	11.158	14888.2	74.396	11.155
14863.7	74.292	11.271	14888.9	74.493	11.451
14864.4	74.232	11.353	14889.6	74.536	11.338
14865.0	74.336	11.177	14890.3	74.382	11.204
14865.8	74.295	11.362	14891.0	74.552	11.463
14866.4	74.381	11.499	14891.6	74.584	11.444
14867.0	74.446	11.343	14892.3	74.556	11.284
14867.7	74.327	11.325	14893.0	74.294	11.075
14868.5	74.402	11.300	14893.7	74.510	11.312
14869.1	74.373	11.345	14894.3	74.555	11.469
14869.8	74.372	11.150	14895.0	74.521	11.165

14895.7	74.507	11.295	14921.1	74.626	11.284
14896.3	74.470	11.222	14921.7	74.646	11.196
14896.9	74.505	11.241	14922.4	74.677	11.310
14897.7	74.475	11.251	14923.1	74.521	11.339
14898.4	74.479	11.197	14923.7	74.610	11.270
14899.1	74.585	11.370	14924.4	74.570	11.285
14899.8	74.580	11.414	14925.1	74.635	11.364
14900.6	74.488	11.190	14925.8	74.609	11.262
14901.2	74.580	11.356	14926.4	74.597	11.481
14901.8	74.517	11.281	14927.1	74.724	11.439
14902.5	74.541	11.300	14927.8	74.581	11.246
14903.2	74.616	11.270	14928.5	74.612	11.321
14903.9	74.633	11.377	14929.2	74.672	11.214
14904.5	74.483	11.143	14930.0	74.736	11.353
14905.3	74.506	11.207	14930.7	74.610	11.145
14905.9	74.408	11.162	14931.3	74.776	11.425
14906.5	74.629	11.413	14931.9	74.619	11.366
14907.2	74.637	11.390	14932.7	74.678	11.251
14908.0	74.473	11.244	14933.4	74.621	11.226
14908.6	74.666	11.412	14934.0	74.602	11.252
14909.3	74.551	11.264	14934.7	74.568	11.346
14910.1	74.409	11.228	14935.4	74.659	11.272
14910.8	74.544	11.292	14936.0	74.764	11.438
14911.4	74.610	11.330	14936.6	74.580	11.344
14912.0	74.512	11.205	14937.4	74.636	11.184
14912.8	74.615	11.321	14938.2	74.684	11.284
14913.5	74.628	11.208	14938.8	74.651	11.264
14914.1	74.712	11.445	14939.6	74.621	11.264
14914.8	74.469	11.215	14940.3	74.658	11.123
14915.5	74.607	11.406	14941.0	74.627	11.307
14916.2	74.702	11.307	14941.6	74.594	11.244
14916.8	74.607	11.225	14942.3	74.777	11.397
14917.6	74.613	11.284	14943.0	74.605	11.240
14918.3	74.652	11.325	14943.7	74.685	11.446
14919.0	74.674	11.439	14944.3	74.652	11.239
14919.7	74.620	11.359	14945.1	74.741	11.331
14920.4	74.578	11.163	14945.7	74.669	11.299

14946.3	74.739	11.390	14971.9	74.712	11.177
14947.0	74.651	11.318	14972.7	74.731	11.289
14947.8	74.667	11.243	14973.3	74.825	11.539
14948.5	74.646	11.301	14974.0	74.661	11.070
14949.2	74.701	11.398	14974.7	74.723	11.309
14950.0	74.574	11.129	14975.4	74.665	11.040
14950.6	74.747	11.514	14976.0	74.769	11.343
14951.3	74.681	11.317	14976.7	74.592	11.282
14951.9	74.646	11.160	14977.4	74.726	11.163
14952.7	74.721	11.393	14978.2	74.760	11.369
14953.3	74.794	11.241	14978.8	74.829	11.270
14954.0	74.765	11.372	14979.6	74.796	11.365
14954.7	74.610	11.327	14980.3	74.905	11.486
14955.4	74.817	11.348	14981.0	74.745	11.377
14956.0	74.759	11.317	14981.6	74.819	11.380
14956.6	74.676	11.364	14982.3	74.828	11.369
14957.4	74.789	11.388	14983.0	74.799	11.368
14958.1	74.724	11.389	14983.7	74.710	11.358
14958.8	74.724	11.380	14984.3	74.769	11.363
14959.6	74.789	11.376	14985.1	74.769	11.341
14960.2	74.682	11.279	14985.7	74.864	11.373
14960.9	74.801	11.325	14986.3	74.852	11.485
14961.5	74.859	11.376	14987.0	74.751	11.270
14962.2	74.689	11.375	14987.9	74.847	11.265
14963.0	74.769	11.328	14988.5	74.822	11.381
14963.6	74.804	11.380	14989.3	74.893	11.485
14964.2	74.845	11.445	14990.0	74.710	11.335
14965.0	74.655	11.271	14990.7	74.838	11.405
14965.7	74.663	11.171	14991.3	74.809	11.387
14966.3	74.771	11.393	14992.0	74.769	11.510
14967.0	74.800	11.065	14992.7	74.813	11.457
14967.8	74.717	11.401	14993.4	74.842	11.388
14968.5	74.848	11.440	14994.0	74.859	11.478
14969.2	74.789	11.302	14994.8	74.753	11.558
14969.9	74.702	11.312	14995.5	74.718	11.371
14970.6	74.723	11.198	14996.1	74.853	11.499
14971.2	74.751	11.290	14996.7	74.970	11.407

14997.6	74.766	11.515	15023.3	74.844	11.441
14998.3	74.755	11.457	15024.0	74.799	11.454
14999.0	75.019	11.440	15024.7	75.007	11.628
14999.7	74.864	11.237	15025.4	74.894	11.483
15000.5	74.909	11.375	15026.0	74.853	11.414
15001.1	74.877	11.470	15026.7	74.828	11.409
15001.7	74.862	11.540	15027.4	74.967	11.383
15002.4	74.924	11.449	15028.2	74.937	11.456
15003.2	74.945	11.655	15028.9	74.830	11.646
15003.8	74.833	11.525	15029.7	74.879	11.308
15004.5	74.775	11.518	15030.4	74.872	11.356
15005.2	74.682	11.410	15031.1	74.869	11.412
15005.9	74.879	11.488	15031.7	74.982	11.636
15006.5	74.942	11.362	15032.4	74.851	11.493
15007.2	74.773	11.400	15033.1	74.917	11.481
15008.0	74.810	11.531	15033.8	74.920	11.493
15008.7	75.004	11.714	15034.4	74.933	11.534
15009.4	74.715	11.314	15035.2	74.954	11.490
15010.2	74.933	11.651	15035.9	74.807	11.436
15010.8	74.766	11.413	15036.5	74.910	11.541
15011.4	74.906	11.354	15037.1	74.784	11.485
15012.1	74.842	11.484	15037.9	74.902	11.539
15012.9	74.746	11.228	15038.7	74.914	11.655
15013.5	74.769	11.342	15039.3	74.816	11.378
15014.2	74.839	11.582	15040.1	74.825	11.372
15014.9	74.843	11.443	15040.8	74.939	11.654
15015.6	74.818	11.401	15041.5	74.893	11.537
15016.2	74.902	11.628	15042.1	74.857	11.601
15016.9	74.941	11.616	15042.9	74.901	11.773
15017.7	74.927	11.738	15043.6	74.948	11.548
15018.4	74.808	11.459	15044.2	74.860	11.271
15019.1	74.769	11.510	15044.9	74.799	11.424
15019.9	74.882	11.378	15045.7	74.921	11.608
15020.6	75.046	11.581	15046.3	74.947	11.532
15021.2	74.920	11.558	15046.9	74.953	11.647
15021.8	74.827	11.395	15047.6	74.861	11.581
15022.6	74.934	11.566	15048.5	74.935	11.517

15049.1	74.977	11.513	15075.0	74.645	11.442
15049.9	74.695	11.582	15075.8	74.867	11.515
15050.6	75.038	11.545	15076.5	74.878	11.579
15051.3	74.892	11.666	15077.1	74.853	11.606
15051.9	74.856	11.690	15077.8	74.769	11.713
15052.6	74.828	11.555	15078.6	74.943	11.844
15053.4	74.899	11.533	15079.3	74.969	11.575
15054.1	74.933	11.707	15080.0	74.827	11.765
15054.7	74.870	11.537	15080.8	74.797	11.468
15055.5	74.821	11.550	15081.5	74.852	11.516
15056.1	74.929	11.590	15082.1	74.748	11.679
15056.7	74.924	11.459	15082.8	74.788	11.591
15057.5	74.884	11.696	15083.6	74.769	11.612
15058.3	74.853	11.503	15084.3	74.796	11.628
15059.0	74.863	11.636	15084.9	74.638	11.526
15059.7	74.959	11.736	15085.7	74.797	11.599
15060.4	74.902	11.568	15086.4	74.813	11.462
15061.2	74.769	11.524	15087.0	74.774	11.548
15061.8	74.956	11.512	15087.7	74.657	11.419
15062.4	74.872	11.583	15088.5	74.960	11.684
15063.2	74.792	11.508	15089.2	74.677	11.413
15063.9	74.900	11.493	15089.9	74.727	11.413
15064.5	74.878	11.572	15090.7	74.714	11.712
15065.3	75.058	11.765	15091.4	74.726	11.452
15066.0	74.803	11.433	15092.0	74.742	11.490
15066.6	74.920	11.646	15092.7	74.771	11.559
15067.2	75.004	11.843	15093.4	74.715	11.598
15068.0	74.801	11.576	15094.1	74.712	11.457
15068.8	74.745	11.359	15094.8	74.625	11.384
15069.5	74.975	11.615	15095.5	74.788	11.650
15070.2	74.866	11.653	15096.2	74.696	11.450
15071.0	74.939	11.618	15096.9	74.665	11.376
15071.6	74.785	11.551	15097.5	74.725	11.462
15072.2	74.721	11.408	15098.2	74.769	11.667
15072.9	74.877	11.604	15099.0	74.748	11.509
15073.7	74.794	11.524	15099.7	74.748	11.475
15074.3	74.868	11.633	15100.5	74.844	11.693

15101.2	74.848	11.725	15127.3	74.926	11.668
15101.9	74.695	11.401	15127.9	74.562	11.486
15102.5	74.767	11.579	15128.6	74.731	11.618
15103.2	74.860	11.583	15129.4	74.717	11.460
15104.0	74.719	11.360	15130.1	74.801	11.610
15104.6	74.811	11.607	15130.8	74.634	11.573
15105.3	74.746	11.569	15131.6	74.803	11.853
15106.1	74.800	11.645	15132.3	74.768	11.490
15106.8	74.618	11.225	15132.9	74.698	11.466
15107.4	74.758	11.506	15133.6	74.747	11.634
15108.1	74.596	11.518	15134.4	74.661	11.535
15108.9	74.719	11.437	15135.1	74.732	11.596
15109.6	74.763	11.539	15135.7	74.706	11.537
15110.3	74.648	11.408	15136.5	74.748	11.575
15111.1	74.677	11.595	15137.2	74.630	11.432
15111.8	74.852	11.510	15137.9	74.725	11.777
15112.5	74.743	11.462	15138.5	74.660	11.576
15113.1	74.555	11.327	15139.3	74.725	11.524
15113.9	74.705	11.573	15140.1	74.689	11.443
15114.6	74.760	11.600	15140.8	74.638	11.677
15115.3	74.801	11.532	15141.6	74.673	11.530
15116.0	74.585	11.641	15142.3	74.792	11.640
15116.7	74.755	11.492	15143.0	74.735	11.547
15117.3	74.698	11.354	15143.6	74.729	11.535
15118.0	74.684	11.642	15144.3	74.619	11.253
15118.7	74.737	11.679	15145.1	74.683	11.545
15119.6	74.617	11.438	15145.7	74.720	11.494
15120.2	74.602	11.541	15146.4	74.689	11.646
15121.0	74.703	11.496	15147.2	74.750	11.384
15121.7	74.809	11.583	15147.8	74.757	11.377
15122.4	74.654	11.588	15148.4	74.638	11.483
15123.0	74.750	11.613	15149.2	74.640	11.230
15123.7	74.655	11.464	15150.0	74.650	11.436
15124.5	74.657	11.431	15150.7	74.655	11.592
15125.1	74.783	11.603	15151.4	74.755	11.308
15125.8	74.739	11.531	15152.2	74.697	11.345
15126.6	74.702	11.717	15152.9	74.683	11.626

15153.5	74.650	11.375	15179.8	74.782	11.524
15154.2	74.591	11.205	15180.6	74.561	11.082
15155.0	74.639	11.266	15181.3	74.657	11.509
15155.7	74.751	11.575	15182.0	74.758	11.644
15156.3	74.725	11.438	15182.8	74.510	11.428
15157.1	74.652	11.293	15183.5	74.660	11.466
15157.8	74.627	11.460	15184.2	74.685	11.474
15158.4	74.684	11.454	15184.8	74.537	11.363
15159.1	74.730	11.616	15185.6	74.660	11.451
15159.9	74.559	11.279	15186.3	74.772	11.309
15160.6	74.783	11.528	15187.0	74.629	11.492
15161.3	74.695	11.307	15187.7	74.589	11.297
15162.1	74.593	11.320	15188.5	74.596	11.571
15162.9	74.661	11.335	15189.1	74.740	11.408
15163.5	74.663	11.436	15189.8	74.604	11.572
15164.2	74.671	11.403	15190.5	74.738	11.524
15164.9	74.697	11.211	15191.4	74.698	11.257
15165.7	74.744	11.438	15192.0	74.632	11.287
15166.3	74.632	11.290	15192.8	74.612	11.325
15167.1	74.801	11.627	15193.6	74.690	11.309
15167.8	74.651	11.222	15194.3	74.668	11.354
15168.5	74.640	11.370	15194.9	74.589	11.322
15169.1	74.644	11.252	15195.6	74.830	11.421
15169.9	74.770	11.526	15196.4	74.629	11.217
15170.7	74.568	11.357	15197.1	74.701	11.413
15171.4	74.564	11.207	15197.7	74.635	11.217
15172.1	74.774	11.734	15198.5	74.719	11.446
15172.9	74.659	11.346	15199.2	74.589	11.196
15173.6	74.627	11.368	15199.8	74.769	11.271
15174.2	74.764	11.549	15200.5	74.637	11.263
15174.9	74.647	11.297	15201.4	74.688	11.335
15175.7	74.650	11.379	15202.1	74.765	11.386
15176.3	74.723	11.220	15202.8	74.676	11.435
15177.0	74.686	11.349	15203.6	74.652	11.418
15177.8	74.784	11.575	15204.3	74.615	11.177
15178.5	74.699	11.512	15204.9	74.632	11.410
15179.1	74.641	11.474	15205.6	74.568	11.242

15206.4	74.784	11.396	15232.9	74.712	11.291
15207.1	74.547	11.369	15233.6	74.772	11.310
15207.7	74.734	11.555	15234.5	74.717	11.268
15208.5	74.741	11.377	15235.2	74.885	11.338
15209.2	74.754	11.412	15235.8	74.965	11.512
15209.9	74.724	11.465	15236.5	74.606	11.179
15210.5	74.827	11.459	15237.2	74.699	11.409
15211.3	74.633	11.155	15238.0	74.943	11.481
15212.1	74.812	11.469	15238.6	74.674	11.132
15212.8	74.670	11.474	15239.3	74.814	11.302
15213.6	74.794	11.380	15240.1	74.752	11.369
15214.3	74.598	11.374	15240.7	74.704	11.453
15215.0	74.718	11.378	15241.4	74.820	11.384
15215.6	74.552	11.358	15242.2	74.825	11.591
15216.4	74.771	11.501	15243.0	74.801	11.253
15217.1	74.826	11.359	15243.7	74.754	11.495
15217.8	74.594	11.128	15244.5	74.753	11.255
15218.5	74.747	11.170	15245.2	74.777	11.269
15219.3	74.652	11.423	15245.9	74.768	11.308
15219.9	74.675	11.276	15246.5	74.745	11.372
15220.6	74.701	11.250	15247.3	74.777	11.218
15221.3	74.624	11.222	15248.1	74.883	11.222
15222.2	74.727	11.617	15248.7	74.716	11.227
15222.9	74.724	11.258	15249.4	74.743	11.428
15223.6	74.746	11.300	15250.2	74.717	11.167
15224.4	74.695	11.256	15250.9	74.809	11.280
15225.1	74.574	11.299	15251.5	74.766	11.222
15225.7	74.673	11.255	15252.3	74.890	11.442
15226.4	74.655	11.203	15253.1	74.846	11.351
15227.3	74.783	11.352	15253.8	74.859	11.370
15227.9	74.679	11.071	15254.6	74.908	11.392
15228.6	74.809	11.381	15255.4	74.821	11.391
15229.4	74.582	11.057	15256.1	74.859	11.152
15230.1	74.795	11.307	15256.7	74.769	10.974
15230.7	74.750	11.447	15257.4	74.873	11.215
15231.4	74.684	11.245	15258.2	74.826	11.280
15232.2	74.707	11.403	15258.9	74.830	11.102

15259.5	74.784	11.213	15286.4	74.900	11.008
15260.3	74.882	11.443	15287.2	74.955	11.241
15261.1	74.761	11.179	15287.8	74.953	11.292
15261.7	74.792	11.330	15288.5	74.845	10.925
15262.3	74.837	11.118	15289.2	74.826	11.059
15263.1	74.622	11.234	15290.0	74.824	11.188
15263.9	74.757	11.356	15290.6	75.049	11.279
15264.6	74.816	11.148	15291.4	74.905	11.100
15265.4	74.858	11.258	15292.1	74.981	11.235
15266.1	74.773	11.304	15292.8	74.928	11.207
15266.8	74.790	11.267	15293.4	74.881	11.255
15267.5	74.758	11.382	15294.2	74.783	11.097
15268.2	74.836	11.476	15295.0	74.830	11.086
15269.0	74.822	11.186	15295.7	74.796	11.141
15269.6	74.757	11.358	15296.5	74.725	10.822
15270.3	74.766	11.283	15297.3	75.009	11.172
15271.1	74.846	11.162	15297.9	75.027	11.171
15271.8	74.731	11.050	15298.6	74.938	11.010
15272.4	74.800	11.031	15299.3	74.859	10.921
15273.2	74.880	11.290	15300.1	74.953	11.055
15274.0	74.959	11.258	15300.8	74.839	11.007
15274.7	74.843	11.122	15301.5	75.017	11.266
15275.5	74.818	10.972	15302.2	74.883	11.280
15276.3	74.907	11.429	15303.0	74.806	10.878
15277.0	74.720	11.138	15303.6	75.022	11.136
15277.6	74.888	11.250	15304.3	74.903	11.217
15278.3	74.791	11.160	15305.1	74.903	11.133
15279.1	74.761	11.136	15305.9	74.907	11.194
15279.8	74.773	11.115	15306.6	74.799	10.977
15280.5	74.863	11.266	15307.4	74.815	11.042
15281.3	74.829	11.101	15308.1	74.944	11.168
15282.0	74.854	10.977	15308.8	75.036	11.418
15282.6	74.979	11.189	15309.5	74.855	10.983
15283.3	74.785	11.157	15310.3	74.900	11.187
15284.2	74.907	11.129	15311.0	74.843	11.143
15284.9	74.701	11.110	15311.7	74.891	11.103
15285.6	74.946	11.233	15312.4	74.944	11.198

15313.2	74.822	10.867	15340.1	74.962	10.909
15313.8	75.016	11.269	15340.8	74.975	11.058
15314.5	74.988	11.134	15341.5	74.901	10.958
15315.3	74.963	11.082	15342.3	74.802	10.936
15316.1	75.084	11.278	15342.9	74.970	10.876
15316.8	74.845	10.864	15343.7	74.974	11.024
15317.6	74.934	11.201	15344.5	74.954	11.094
15318.3	74.970	11.083	15345.1	74.890	10.871
15319.0	75.093	11.082	15345.8	74.989	11.152
15319.6	74.919	11.077	15346.6	75.113	11.263
15320.4	74.907	10.926	15347.4	74.954	10.792
15321.2	74.854	10.836	15348.1	74.987	11.082
15321.9	75.023	11.230	15348.9	74.961	10.929
15322.5	74.996	11.014	15349.7	75.052	11.186
15323.4	74.842	11.105	15350.3	74.900	11.002
15324.0	75.035	11.163	15351.0	74.845	10.805
15324.6	75.019	11.069			
15325.4	74.994	11.059			
15326.2	74.889	11.054			
15326.9	74.988	11.178			
15327.7	74.877	11.144			
15328.5	74.980	11.189			
15329.2	74.867	10.930			
15329.8	74.771	10.881			
15330.5	75.005	11.322			
15331.3	74.989	11.186			
15332.0	75.070	11.367			
15332.7	74.836	10.880			
15333.5	74.997	11.298			
15334.2	75.023	11.299			
15334.9	75.054	11.212			
15335.5	75.028	11.112			
15336.4	75.023	11.266			
15337.1	74.887	10.818			
15337.9	74.946	11.082			
15338.7	75.015	11.195			
15339.4	75.064	11.213			